

CLIENTE:



DIRECCIÓN GENERAL
SUBDIRECCIÓN DE SERVICIOS A LA EXPLOTACIÓN
GERENCIA DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA MARINA
GRUPO MULTIDISCIPLINARIO DE INGENIERÍA

No. Contrato: 640835809

"SERVICIOS DE INGENIERÍA PARA EL DESARROLLO DE INFRAESTRUCTURA DE LOS ACTIVOS Y GERENCIAS DE LAS REGIONES MARINAS, NORTE Y SUR DE PEP, PAQUETE 2"

OS-58

CRITERIOS DE DISEÑO (MULTIDISCIPLINARIO)

"DESARROLLO DE INGENIERÍA BÁSICA, DE DETALLE Y BASES TÉCNICAS DE CONCURSO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN "OLEOGASODUCTO DE 20"Ø x 5.9 KM APROX. DE LA PLATAFORMA BALAM-TB HACIA EK-A/PERFORACIÓN (COLECTOR SUR), INCLUYE TRES RAMALES DE 8"Ø HACIA LAS PLATAFORMAS BALAM-TA, EK TB Y EK-TA Y UN OLEOGASODUCTO DE 8"Ø x 0.5 KM APROX. DE LA PLATAFORMA BALAM-1 HACIA BALAM"

NOTAS:

1. ESTE DOCUMENTO SE EMITE COMO REFERENCIA, LA INGENIERÍA APC ES RESPONSABILIDAD DE LA CONTRATISTA QUE DESARROLLE EL PROYECTO ASÍ COMO LAS CORRECCIONES A LA INGENIERÍA DERIVADO DE OBSERVACIONES Y/O HALLAZGOS DETECTADOS DURANTE LAS SESIONES DE ARP.
2. ES RESPONSABILIDAD DE LA CONTRATISTA APLICAR LAS RECOMENDACIONES DEL ARP SIN AFECTAR PLAZO NI MONTO DEL CONTRATO.

-	-	02/07/18	DOCUMENTO DE REFERENCIA	B.R.H./ S.P.H./ L.P.F./ J.J.T./ J.A.P.CH./ F.A.G./ L.E.L.R.	L.M.M.V./ E.O.R.A./ R.E.E.G./ J.F.V./ E.B.N./ S.B.M./ J.C.L.R.	J.A.U.P.	J.R.C.S.
EDICIÓN	REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	ELABORÓ	REVISÓ	APROBÓ	APROBÓ PEP

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 2 DE 46 Rev. -

ÍNDICE

1.0 GENERALIDADES..... 6

1.1 ALCANCES DEL PROYECTO.....6

1.2 FUNCIÓN DE LA OBRA A DISEÑAR.....8

1.3 PROCESOS PRINCIPALES.....8

1.4 LOCALIZACIÓN8

2.0 CAPACIDAD, RENDIMIENTO Y FLEXIBILIDAD 9

2.1 FACTOR DE SERVICIO9

2.2 CAPACIDAD Y RENDIMIENTO10

2.3 FLEXIBILIDAD DE OPERACIÓN (FALLA ELÉCTRICA, FALLA DE AIRE, OTRAS)11

2.4 AMPLIACIONES FUTURAS11

2.5 REQUERIMIENTOS ESPECIALES DE OPERACIÓN.....11

3.0 ESPECIFICACIÓN DE LAS ALIMENTACIONES11

3.1 LÍNEAS DE MEZCLA11

4.0 CONDICIONES DE LAS ALIMENTACIONES EN LÍMITES DE BATERÍA13

5.0 ESPECIFICACIONES DE LOS PRODUCTOS13

6.0 CONDICIONES DE LOS PRODUCTOS EN LÍMITES DE BATERÍA.....13

7.0 AGENTES QUÍMICOS14

8.0 EFLUENTES14

9.0 INSTALACIONES REQUERIDAS DE ALMACENAMIENTO14

10.0 SERVICIOS AUXILIARES.....14

10.1 SISTEMA DE DRENAJES ABIERTOS.....14

10.2 SISTEMA DE DRENAJES CERRADOS.....14

11.0 INGENIERÍA DE SEGURIDAD Y CONTRA INCENDIO14

11.1 ALCANCE DE TRABAJO DE SEGURIDAD Y CONTRA INCENDIO.....14

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 3 DE 46 Rev. -

11.2	SISTEMA DE AGUA CONTRA INCENDIO.....	14
11.3	SISTEMA DE ASPERSIÓN	15
11.4	SISTEMA DE DETECCIÓN Y ALARMA DE GAS Y FUEGO.....	16
12.0	INGENIERÍA ELÉCTRICA	17
12.1	DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA.....	17
12.2	CLASIFICACIÓN DE ÁREAS PELIGROSAS.....	18
12.3	CANALIZACIONES ELÉCTRICAS	18
12.4	CONDUCTORES ELÉCTRICOS.....	19
12.5	FILOSOFÍA Y DATOS DE DISEÑO SISTEMA DE TIERRAS	20
12.6	MATERIALES DEL SISTEMA DE TIERRAS.....	20
12.7	CONDICIONES DEL SISTEMA DE TIERRAS.....	20
12.8	FILOSOFÍA Y DATOS DE DISEÑO SISTEMA DE ALUMBRADO	21
12.9	NIVELES DE ILUMINACIÓN EN INSTALACIONES DE PEMEX	21
12.10	MATERIALES DEL SISTEMA DE ALUMBRADO.....	22
13.0	INGENIERÍA DE TUBERÍA SOBRE CUBIERTA.....	23
13.1	CRITERIO DE DISEÑO CUELLO DE GANSO	23
13.2	ARREGLO DE TUBERÍAS.....	23
13.3	MATERIALES PARA TUBERÍA, VÁLVULAS, BRIDAS Y CONEXIONES.....	24
13.4	TRAMPA DE DIABLOS.....	25
13.5	PROTECCIÓN ANTICORROSIVA	25
13.6	FLEXIBILIDAD.....	25
13.7	CONSIDERACIONES DE DISEÑO	26
13.8	DATOS DE DISEÑO	26
13.9	CARGAS DE DISEÑO	26
13.10	SOFTWARE DE ANÁLISIS.....	27
13.11	SOPORTERÍA.....	27
14.0	CIVIL ESTRUCTURAS.....	28
14.1	FILOSOFÍA Y DATOS DE DISEÑO	28

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 4 DE 46 Rev. -

14.2	SEGURIDAD Y PROTECCIÓN DE LA ESTRUCTURA	29
14.3	SOPORTES ESTRUCTURALES	29
14.4	AMPLIACIONES O REFORZAMIENTO DE CANTILIVER PARA SOPORTAR TRAMPAS DE DIABLOS Y AMPLIACIONES DE PASILLOS PARA ACCESO HACIA LA TOMA DE POTENCIALES EN LOS DUCTOS ASCENDENTES Y CANASTILLAS PARA VÁLVULAS SDV EN PLATAFORMAS: BALAM-TB, BALAM-TA, BALAM-1, EK-TB, EK-TA Y EK-A/PERFORACIÓN	30
14.5	PROTECTOR (DEFENSA) PARA DUCTO ASCENDENTE EN PLATAFORMAS BALAM-TB, BALAM-TA, BALAM-1, EK-TB, EK-TA Y EK-A/PERFORACIÓN	31
14.6	ABRAZADERAS PARA DUCTO ASCENDENTE	32
14.7	SOPORTES ESTRUCTURALES PARA EL CUELLO DE GANSO	32
15.0	INGENIERÍA DE INSTRUMENTACIÓN	33
15.1	CARACTERÍSTICAS DE LOS INSTRUMENTOS	34
16.0	LÍNEAS SUBMARINAS	36
16.1	FILOSOFÍA Y DATOS DE DISEÑO	36
16.2	CARACTERÍSTICAS DEL SUELO MARINO DEL CORREDOR EK-BALAM	36
16.3	DATOS OCEANOGRÁFICOS DE DISEÑO PARA TORMENTA	37
16.4	COEFICIENTES HIDRODINÁMICOS DE LA TUBERÍA	37
16.5	PROPIEDADES DE LOS MATERIALES	37
16.6	PRESIÓN Y TEMPERATURA DE DISEÑO	39
16.7	CARGAS DE DISEÑO	39
16.8	FACTORES Y CRITERIOS DE DISEÑO PARA LAS FASES DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN	39
16.9	SELECCIÓN DEL ESPESOR DE PARED DE TUBERÍA	40
16.10	DEFINICIÓN DE ZONAS (DUCTOS ASCENDENTES, ABRAZADERAS DE DUCTOS ASCENDENTES, CURVAS DE EXPANSIÓN, LÍNEA REGULAR Y CRUCES DE LÍNEAS EXISTENTES)	40
16.11	ESTABILIDAD HIDRODINÁMICA DE TUBERÍA EN EL FONDO MARINO	41
16.12	CRITERIO DE ESFUERZOS	42
16.13	DISEÑO CON ESFUERZOS PERMISIBLES	42
16.14	PROTECCIÓN A LA TUBERÍA	42
16.15	DISEÑO DE PROTECCIÓN CATÓDICA	42
16.16	AISLAMIENTO ELÉCTRICO (JUNTA AISLANTE MONOBLOCK)	43
16.17	SISTEMAS DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA	43

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 5 DE 46 Rev. -

16.18	FLEXIBILIDAD.....	44
16.19	CONSIDERACIONES DE DISEÑO	44
16.20	DATOS DE DISEÑO	44
16.21	CARGAS DE DISEÑO	44
16.22	SOFTWARE DE ANÁLISIS	45
16.23	SOPORTERÍA.....	45
17.0	NORMAS, CÓDIGOS Y CRITERIOS	46
17.1	NORMAS OFICIALES MEXICANAS (NOM).....	46
17.2	NORMAS MEXICANAS (NMX)	46
17.3	NORMAS DE REFERENCIA PEMEX	47
17.4	NORMAS INTERNACIONALES.....	47
17.5	NORMAS EXTRANJERAS	47
17.6	OTRAS NORMAS.....	49
18.0	REFERENCIAS	50

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 6 DE 46 Rev. -

1.0 GENERALIDADES

Estos criterios de diseño definen los requerimientos y alcances de los trabajos a realizar en las distintas disciplinas involucradas en el desarrollo del proyecto "Desarrollo de ingeniería básica, de detalle y bases técnicas de concurso para la construcción de un oleogasoducto de 20"Ø de 5.9 km aprox. de Balam-TB hacia Ek-A/Perforación (colector sur); incluye los oleogasoductos de interconexión submarina con las plataformas Balam-TA (8"Ø de 0.6 km aprox.), Ek-TB (8"Ø de 0.2 km aprox.), Ek-TA (8"Ø de 0.3 km aprox.) y el oleogasoducto de Balam-1 hacia Balam-TA de 8"Ø x 0.3 km aprox".

El campo Ek inició su explotación de hidrocarburos, en octubre de 1991 con energía propia, y a finales de 1995 se implantó por primera vez el sistema artificial de bombeo electro centrífugo BEC.

La producción de hidrocarburos del campo Ek-Balam, se maneja como mezcla gas-aceite a través de un cabezal troncal de 24"Ø submarino, que recolecta la producción de todo el campo y envía dicha producción por una línea de 24"Ø desde la localización Balam-1 hacia el centro de proceso Akal-C donde se separan las fases gas y aceite para su procesamiento y envío a terminales de exportación.

Debido a que el sistema de recolección de mezcla tiene más de 20 años de operación y no cuenta con un sistema para la corrida de un equipo instrumentado de limpieza e inspección (diablos), además de las recientes fugas por poro que se presentaron en el oleogasoducto de 14"Ø (L-147) del Campo, es necesario para mantener la continuidad operativa, instalar un nuevo sistema de recolección, esto de acuerdo a un estudio realizado mediante un software para análisis hidráulicos, con el cual se determinó que por la acumulación de los sólidos producidos en combinación con los hidrocarburos y el agua se incrementa el riesgo de corrosión interna en las interconexiones submarinas de las líneas.

Contar con la infraestructura requerida, permitirá al Activo de Producción Cantarell mantener sus niveles de producción de aceite y gas asociado. De acuerdo a requerimientos, compromisos y demanda futura de producción de aceite ligero y pesado. Así mismo permitirá administrar la recuperación de las reservas remanentes de los Campos y tener la confiabilidad operativa con un sistema de recolección en óptimas condiciones de operación.

De no realizarse esta obra, existe el riesgo de fuga en los ductos, lo que conllevaría a tener producción diferida por el cierre de todo el Campo Ek-Balam, impactando en los programas de producción comprometidos por la RMNE.

1.1 ALCANCES DEL PROYECTO

La entidad que desarrolle la obra, realizará las siguientes actividades y las que surjan dentro de la ejecución de la misma:

Realizar la ingeniería básica, de detalle procura y construcción de un oleogasoducto de 20"Ø x 5.9 km aprox. de Balam-TB hacia Ek-A/Perforación (colector sur); incluye las interconexiones submarinas con los ramales provenientes de las plataformas Balam-TA (8"Ø de 0.6 km aprox.), Ek-TB (8"Ø de 0.2 km aprox.), Ek-TA (8"Ø de 0.3 km aprox.) y el oleogasoducto de Balam-1 hacia Balam-TA de 8"Ø x 0.3 km aprox, en el Campo Ek-Balam para el transporte de la producción de hidrocarburos:

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 7 DE 46 Rev. -

Tabla 1.0 Características de los ductos por proyecto.

Origen	Destino	Diámetro (in)	Longitud (km)	Servicio
Balam-TB	Ek-A/Perf.	20	5.693	Oleogasoducto
Balam-TA	Interconexión submarina en kilómetro 1.573	8	0.396	Oleogasoducto
Ek-TB	Interconexión submarina en kilómetro 2.881	8	0.242	Oleogasoducto
Ek-TA	Interconexión submarina en kilómetro 4.272	8	0.213	Oleogasoducto
Balam-1	Balam-TA.	8	0.346	Oleogasoducto

- Deberá considerarse la ruta más conveniente a seguir y los cruces con otros ductos existentes y futuros. Verificar la existencia de estudios geofísicos y geotécnicos para el área indicada. En ruteo de los ductos deberá tener la capacidad de poder correr elementos de inspección y limpieza interna.
- La ingeniería que resulte para la construcción de los nuevos ductos deberá ajustar la propuesta de salida y arribo de los oleogasoductos y sus ductos ascendentes en las plataformas de origen y destino, determinada en la ingeniería de detalle.
- Debe realizarse un levantamiento en campo con la finalidad de revisar a detalle los espacios requeridos para la llegada de los ductos ascendentes y todas las interconexiones requeridas para sus arribos en las plataformas, el cual deberá ser validado por el grupo multidisciplinario Activo de Producción Cantarell (APC).
- Se deberá considerar la adecuación de los espacios correspondientes para la instalación de las trampas de envío y recibo de diablos en cada una de las plataformas donde serán instaladas.
- Deberán realizarse todas las interconexiones submarinas necesarias al cabezal colector sur para el manejo y transporte de la producción.
- Se deberá considerar trampa de diablos submarina temporal para la corrida de diablos de limpieza e instrumentados.
- Cada uno de los oleogasoductos deberá contar con trampa envío en las plataformas (para realizar las actividades de limpieza y diagnóstico de ducto mediante el empleo de diablos), mismas que deberán ser suministradas con sus válvulas de bloqueo de emergencia SDV con sus respectivos actuadores de simple acción retorno por resorte con bomba hidráulica o volante manual según corresponda, así como sus tableros de control neumático y de pruebas parciales.
- Se deberá considerar un sistema de evaluación de la velocidad de corrosión interna en cada uno de los nuevos ductos de la red propuesta, compuesto de niples de evaluación, testigos o probetas corrosimétricas y demás.
- Instalar el sistema de protección interna con inhibidores de corrosión para efectuar la inyección de inhibidores en los ductos, considerando las bombas de inyección, niples cosasco, válvulas y conexiones.
- El ducto deberá contar con los dispositivos de seguridad marcados por el **API-FP-14C**.
- La entidad que desarrolle la obra, realizará los siguientes trabajos sobre plataforma, como son: Interconexiones de válvulas de bloqueo de emergencia SDV al Sistema de monitoreo de proceso PI process, sistema de agua contraincendios, interconexión al sistema de detección de gas y fuego, red de tapones fusibles según aplique en la plataforma, etc., como alcance de construcción de este sistema de recolección.

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 8 DE 46 Rev. -

- Se deberá considerar el monitoreo de los nuevos transmisores de presión y temperatura y estado de válvulas de bloqueo de emergencia SDV en la IHM portátil existente del sistema PI process en la plataforma Ek-A/Perforación.
- Se deberá de considerar el suministro, instalación e integración de la instrumentación inalámbrica necesaria asociada a los nuevos ductos en el sistema de monitoreo de procesos PI process.
- Se deberá considerar dentro de la ingeniería toda la obra electromecánica correspondiente a la inclusión de nuevos detectores de fuego, detectores de gas tóxico y gas combustible al sistema de gas y fuego, así como de todos los elementos asociados (red de tapones fusibles, instrumentos asociados y accesorios) que por ingeniería sean requeridos en la plataforma Ek-A Perforación.
- Se deberá considerar el monitoreo de los nuevos detectores e instrumentos de control del sistema neumático e hidráulico en la IHM del sistema de gas y fuego existente en la plataforma Ek-A Perforación.
- Para el Sistema de Monitoreo de Proceso PI process y de equipos paquete se deberá considerar la instrumentación asociada y accesorios que sean requeridos por ingeniería, así como la obra electromecánica, para su adecuado funcionamiento.
- Se deberá considerar la interconexión de los equipos paquete de las señales inalámbricas de los instrumentos y equipos de medición al PI process para el monitoreo de las señales en la IHM portátil existente en la plataforma Ek-A/Perforación.
- Se deberá considerar hot-tapping para interconexiones en los cabezales generales de producción de pozos en las plataformas que aplique.
- Al terminar la obra se deben de generar los "As-Built", y sus correspondientes archivos fuente en formato ACAD para integrar esta información en las maquetas electrónicas del Activo de Producción Cantarell.

1.2 **FUNCIÓN DE LA OBRA A DISEÑAR**

Contar con la infraestructura requerida, permitirá al Activo de Producción Cantarell mantener sus niveles de producción de aceite y gas asociado, de acuerdo a requerimientos, compromisos y demanda futura de producción de aceite ligero y pesado. Así mismo, permitirá administrar la recuperación de las reservas remanentes de los campos y tener la confiabilidad operativa con un sistema de recolección en óptimas condiciones de operación.

1.3 **PROCESOS PRINCIPALES**

El proceso consiste en una red para la transportación de mezcla de hidrocarburos de los pozos de las plataformas por medio de un colector principal de 20"Ø de la plataforma Balam-TB hacia la plataforma Ek-A/Perforación al cual se le adicionarán las corrientes de los ramales de 8"Ø provenientes de las plataformas Balam-TA, Balam-1, Ek-TB y Ek-TA.

Se debe considerar la instalación de trampas de diablos lanzadoras en cada uno de los oleogasoductos para corridas de diablos de limpieza e instrumentados.

1.4 **LOCALIZACIÓN**

- Oleogasoducto de 20"Ø (Colector sur) de la plataforma Balam-TB hacia la plataforma Ek-A/Perforación.

La siguiente tabla indica la localización del ducto para el transporte de mezcla de hidrocarburos.

DATOS	PLATAFORMA	
	ORIGEN	DESTINO
Zona	Región Marina Noreste	
Activo	de Producción Cantarell	

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.			521.58-CR-I-002		
CRITERIOS DE DISEÑO			HOJA	9	DE 46
			Rev. -		

DATOS	PLATAFORMA	
	ORIGEN	DESTINO
Campo	Ek-Balam	
Nombre de la plataforma	Balam-TB	Ek-A/Perforación
Coordenadas UTM (WGS84)	X = 609,952.53 Y = 2,154,716.54	X = 604,929.50 Y = 2,157,272.55
Pierna de ascenso	A-1	A-2
Tirante de agua (m)	48.768	50.400
Diámetro Nominal de la Línea mm (in)	508 (20)	
Longitud de la línea (m)	5,693.219	
Servicio	Oleogasoducto de mezcla (Servicio amargo)	

La siguiente tabla indica la localización de las plataformas de origen de los ramales de 8"Ø que se interconectan al colector sur para el transporte de mezcla de hidrocarburos.

DATOS	PLATAFORMA			
Zona	Región Marina Noreste			
Activo	de Producción Cantarell			
Campo	Ek-Balam			
Nombre de la plataforma	Balam-1	Balam-TA	Ek-TB	Ek-TA
Coordenadas UTM (WGS84)	X = 608,743.52 Y = 2,154,908.54	X = 608,504.52 Y = 2,155,269.54	X = 607,325.51 Y = 2,155,847.55	X = 606,152.50 Y = 2,156,600.55
Pierna de ascenso	A-2	B-2	B-2	B-2
Tirante de agua (m)	48.80	49.10	49.90	49.39
Diámetro Nominal de la Línea mm (in)	203.2 (8)			
Longitud de la línea (m)	396.28	241.78	212.87	345.82
Servicio	Oleogasoducto de mezcla (Servicio amargo)			

2.0 CAPACIDAD, RENDIMIENTO Y FLEXIBILIDAD

Para los oleogasoductos que formaran parte de la red de transporte de la mezcla de hidrocarburos del campo Ek-Balam, el paquete de instrumentación y demás servicios auxiliares a instalarse tendrán el siguiente factor de servicio, capacidad y flexibilidad de operación, de acuerdo a los requerimientos solicitados en las bases de usuario.

2.1 FACTOR DE SERVICIO

El factor de servicio es de 1.

El ducto y los servicios auxiliares estarán diseñados para operar las 24 horas de los 365 días del año.

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 10 DE 46 Rev. -

2.2 CAPACIDAD Y RENDIMIENTO

2.2.1 Los flujos contabilizados se consideraron a partir del 2020 ⁽¹⁾

Plataforma	Q _I (bpd)	Q _o (bpd)	Q _w (bpd)	Q _{gtotal} (mmpcd)
Ek-A	20907	1310	19597	0.1
Ek-A2	19743	19742	1	3.3
Ek-TA	13324	7223	6101	1.0
Ek-TB	4877	4398	478	0.7
Balam-TA	22174	18190	3984	5.3
Balam-1	1906	1905	0	0.6
Balam-TB	15514	15477	37	4.5
Balam-A	22462	22360	102	6.5
TOTAL	120907	90605	30300	22

2.2.2 Condiciones de diseño ⁽¹⁾

Ducto	Capacidad de transporte gas (MMpcsd)	Capacidad de transporte de (aceite+agua) (bpd)	Presión (kg /cm ² man.)	Temperatura (°C)
Balam-TB hacia Ek-A/Perf.	18.6	80257	21	80
Balam-TA hacia interconexión submarina	6.7	25877	21	75
Ek-TB hacia interconexión submarina	0.9	5200	21	75
Ek-TA hacia interconexión submarina	1.2	13963	21	97
Balam-1 hacia Balam-TA	0.6	1906	24	88

2.2.3 Condiciones de operación máximas ⁽¹⁾

Ducto	Capacidad de transporte gas (MMpcsd)	Capacidad de transporte de (aceite+agua) (bpd)	Presión (kg /cm ² man.)	Temperatura (°C)
Balam-TB hacia Ek-A/Perf.	18.6	80257	19	80
Balam-TA hacia interconexión submarina	6.7	25877	19	75
Ek-TB hacia interconexión submarina	0.9	5200	19	75
Ek-TA hacia interconexión submarina	1.2	13963	19	97
Balam-1 hacia Balam-TA	0.6	1906	22	88

2.2.4 Condiciones de operación normales ⁽¹⁾

¹ Las condiciones de operación fueron proporcionadas por PEP en correo con fecha de 23 de mayo de 2018.

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 11 DE 46 Rev. -

Ducto	Capacidad de transporte gas (MMpcsd)	Capacidad de transporte de (aceite+agua) (bpd)	Presión (kg /cm ² man.)	Temperatura (°C)
Balam-TB hacia Ek-A/Perf.	8.2	62034	10	68
Balam-TA hacia interconexión submarina	2.3	17494	11	65
Ek-TB hacia interconexión submarina	0.6	4463	10	65
Ek-TA hacia interconexión submarina	1.0	10290	10	91
Balam-1 hacia Balam-TA	0.5	1772	13	68

2.2.5 Condiciones de operación mínimas ⁽¹⁾

Ducto	Capacidad de transporte gas (MMpcsd)	Capacidad de transporte de (aceite+agua) (bpd)	Presión (kg /cm ² man.)	Temperatura (°C)
Balam-TB hacia Ek-A/Perf.	1.1	17283	8	60
Balam-TA hacia interconexión submarina	0.1	2098	9	50
Ek-TB hacia interconexión submarina	0.1	3087	8	54
Ek-TA hacia interconexión submarina	0.3	1917	8	70
Balam-1 hacia Balam-TA	0.1	1772	11	55

2.3 FLEXIBILIDAD DE OPERACIÓN (FALLA ELÉCTRICA, FALLA DE AIRE, OTRAS)

Los ductos solo operarán como oleogasoductos para el transporte de gas amargo, aceite y agua.

2.4 AMPLIACIONES FUTURAS

No se consideran ampliaciones futuras.

2.5 REQUERIMIENTOS ESPECIALES DE OPERACIÓN

- Considerar trampa de diablos submarinas temporales para la corrida de diablos de limpieza e instrumentados en los ramales de 8" Ø de las plataformas Balam-TA, Ek-TB y Ek-TA.

3.0 ESPECIFICACIÓN DE LAS ALIMENTACIONES

3.1 LÍNEAS DE MEZCLA

Los datos de las tablas 2.0, 3.0 y 4.0 se han tomado de los reportes de caracterización de los pozos Ek-101, Ek-15 y Balam-1, los cuales representan las condiciones actuales de los pozos en las plataformas en cuestión (Ek-TB y Ek-TA / Balam-TB, Balam-TA y Balam-1).

Las mezclas de 28°API de las plataformas Balam-TB, Balam-1, Balam-TA son representadas por la caracterización del pozo Balam-1. Mientras que la mezcla Ek-TB se caracteriza de acuerdo a la composición del pozo Ek-101, con 27° API.

La composición características de la plataforma Ek-TA es representada por una mezcla de la composición del pozo Ek-15 con 13°API + Ek-101 con 27°API, para el caso de Ek-TA.

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 12 DE 46 Rev. -

Tabla 2.0 Composición del fluido original. Pozo Ek-101⁽²⁾

Componente	% molar	Densidad (gr/cm ³)	Peso molecular
Nitrógeno	0.398	---	---
Dióxido de carbono	0.620	---	---
Sulfuro de hidrógeno	0.000	---	---
Metano	14.186	---	---
Etano	5.081	---	---
Propano	4.819	---	---
i-Butano	1.357	---	---
n-Butano	5.633	---	---
i-Pentano	2.052	---	---
n-Pentano	2.271	---	---
Hexano	5.872	---	---
Heptano+	57.711	---	--

Tabla 3.0 Composición del fluido original. Pozo Balam-1

Componente	% molar	Densidad (gr/cm ³)	Peso molecular
Nitrógeno	0.558	---	---
Dióxido de carbono	0.210	---	---
Sulfuro de hidrógeno	0.000	---	---
Metano	23.248	---	---
Etano	5.118	---	---
Propano	4.496	---	---
i-Butano	1.368	---	---
n-Butano	4.294	---	---
i-Pentano	1.920	---	---
n-Pentano	2.548	---	---
Hexano	5.986	---	---
Heptano+	4.489	0.7165	101.1

Tabla 4.0 Composición Fluido de Yacimiento Pozo: Ek-15 / Brecha⁽³⁾

Componente	% molar	Densidad (gr/cm ³)	Peso molecular
Nitrógeno	0.245	---	---
Dióxido de carbono	0.56	---	---
Sulfuro de hidrógeno	0.1315	---	---
Metano	6.006	---	---

² Datos tomados de la "Caracterización de fluidos para estudios de difusión", Campo Ek-Balam. Proyecto CCB-8514.

³ Datos promedios calculados a partir de la composición del fluido de yacimiento de las muestras # 1.02 y 1.03 del "Reporte Estudio PVT Muestra de Cabeza", Pozo Ek-15 / Campo: Ek Balam / Formación: Brecha. Muestreo: Junio 23,2006.

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 13 DE 46 Rev. -

Componente	% molar	Densidad (gr/cm ³)	Peso molecular
Etano	3.7	---	---
Propano	3.806	---	---
i-Butano	0.701	---	---
n-Butano	2.179	---	---
i-Pentano	1.046	---	---
n-Pentano	1.4035	---	---
n-Hexano	1.0875	---	---
M-C--Pentano	1.32	---	---
Benceno	0.017	---	---
Cyclohexano	0.8285	---	---
C7+	76.97	---	---

De acuerdo al grado API de la mezcla en cada plataforma se ha determinado que el Pozo Ek-101 caracteriza adecuadamente a la mezcla de hidrocarburos en la plataforma Ek-TB. La composición en los pozos de la plataforma Ek-TA es una mezcla de los Pozos Ek-101 y Ek-15.

4.0 CONDICIONES DE LAS ALIMENTACIONES EN LÍMITES DE BATERÍA

La siguiente tabla muestra las condiciones de alimentación de la mezcla a los oleogasoductos en los límites de batería:

Producto	Plataforma Origen	Destino	Estado Físico	Forma de Entrega
Mezcla Aceite+agua / Gas	Balam-TB	Plataforma Ek-A/Perf.	Gas / Líquido	Tubería
	Balam-1	Plataforma Balam-TA		
	Balam-TA	Interconexión submarina en kilómetro 1.573		
	Ek-TB	Interconexión submarina en kilómetro 2.881		
	Ek-TA	Interconexión submarina en kilómetro 4.272		

Los flujos, presiones y temperaturas a condiciones máxima, normal y mínima de la fase gas y líquida, son las indicadas en los puntos 2.2.2, 2.2.3 y 2.2.4 de estos Criterios de Diseño.

5.0 ESPECIFICACIONES DE LOS PRODUCTOS

En el proceso que se presenta se realiza únicamente transporte de mezcla, por lo cual, no existe una reacción, ni transformación de la alimentación. El flujo alimentado es igual al flujo de descarga en cuanto a su composición.

6.0 CONDICIONES DE LOS PRODUCTOS EN LÍMITES DE BATERÍA

Como se mencionó anteriormente, no se realiza ninguna transformación de la alimentación, por lo tanto no hay cambio en la composición de la mezcla. Las condiciones se obtendrán cuando se realicen los análisis hidráulicos.

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 14 DE 46 Rev. -

7.0 AGENTES QUÍMICOS

Estos tendrán de manera continua la inyección de un inhibidor de corrosión, para evitar el ataque destructivo a la tubería y conservar la integridad mecánica del ducto. Considerando que la eficiencia del inhibidor debe ser de al menos el 90% a la máxima temperatura de operación del ducto.

8.0 EFLUENTES

No se requieren de tratamiento de efluentes líquidos como: Aguas negras, aceitosas o amargas.

9.0 INSTALACIONES REQUERIDAS DE ALMACENAMIENTO

Se requiere considerar un espacio para almacenamiento del inhibidor de corrosión que será inyectado a los oleogasoductos y para almacenamiento de diesel que será alimentado al tanque acumulador de arena del paquete de separación de sólidos.

10.0 SERVICIOS AUXILIARES

10.1 SISTEMA DE DRENAJES ABIERTOS

El dren de la charola de las trampas de diablos de las plataforma Ek-A/Perforación, Balam-TB, Balam-TA, Ek-TB y Ek-TA se dejarán preparaciones (válvula con brida ciega) para interconectarlos a futuro.

10.2 SISTEMA DE DRENAJES CERRADOS

Debido a que las plataformas Ek-A/Perforación, Balam-TB, Balam-TA, Ek-TB y Ek-TA no cuentan con sistema de drenajes cerrados, el drenaje de la cubeta se dejara con una válvula con brida ciega para enviar los drenajes a tambos para su disposición final.

11.0 INGENIERÍA DE SEGURIDAD Y CONTRA INCENDIO

11.1 ALCANCE DE TRABAJO DE SEGURIDAD Y CONTRA INCENDIO

Se considerará la protección para la trampa de diablos en la plataforma Ek-A perforación objeto de la ingeniería de proyecto del campo Ek-Balam considerado dentro de los alcances de la ingeniería de esta plataforma, desarrollando ingeniería básica y de detalle de los trabajos adicionales del sistema de contraincendio, así como el sistema gas y fuego. Conectando estos de los trabajos adicionales a los diseños existentes en las plataformas cumpliendo con los requerimientos de la normatividad de seguridad vigente para la protección del personal, medio ambiente y equipos

Los sistemas que se enlazarán con los existentes en la plataforma Ek-A perforación son:

- Sistema de agua contraincendio.
- Red de tapón fusible.
- Sistema de detección de gas y fuego.

Se instalará el sistema de aspersores y red de tapón fusible para proporcionar cobertura a los equipos involucrados en el proyecto de acuerdo a los requerimientos de cada una de las plataformas.

11.2 SISTEMA DE AGUA CONTRA INCENDIO

El propósito del sistema de agua contraincendio es proporcionar los medios para combatir cualquier escenario de incendio en las instalaciones de las plataformas en cuestión, para lo cual se diseñará la red de tuberías contra incendio, utilizando tubería de acero al carbono de acuerdo a la **ASME B31.3** y

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 15 DE 46 Rev. -

NFPA-15 que protegerán las trampas de diablos y la cual será interconectada a la red de agua contraincendio existente; incluyendo los sistemas de aspersores y red de tapones fusible.

Los sistemas de aspersores serán del tipo de tubería seca con boquillas de 1"Ø NPT Macho, con cono de aspersión de 120°, capacidad de 40-100 gpm a 100 psi y densidad de aplicación de 0.25 gpm/pie² de acuerdo a la **NFPA-15**.

Las boquillas deben ser fabricadas de bronce ASTM B 61 aleación UNS C92200 resistente al ataque de ácido sulfhídrico, ambiente salino marino.

11.3 **SISTEMA DE ASPERSIÓN**

Las válvulas de diluvio deberán ser suministradas como equipos paquetes, que incluyan el trim con todos los accesorios para su correcta operación, se utilizará en los sistemas fijos de aspersión para protección contra incendio, con un sistema de agua presurizada a través de tuberías y boquillas de aspersión.

Las válvulas de diluvio serán utilizadas para el control de los sistemas fijos de aspersión contra incendio las cuales quedarán permanentemente instaladas.

El diseño de la válvula será de tipo recto (lineal) a fin de facilitar su montaje (horizontal o vertical), asimismo el diseño deberá permitir una apertura rápida, cierre suave y lento para evitar golpes de ariete y su mantenimiento deberá realizarse sin necesidad de desmontar la válvula de la línea. La válvula será localizada fuera del área de riesgo a proteger.

La puesta en operación de la válvula de diluvio es activada con su sistema eléctrico/neumático cuando la presión del sistema neumático es liberada ya sea con accionamiento eléctrico (válvula de tres vías con solenoide) desde el sistema de control, manual local (accionamiento de válvula manual que despresuriza la línea neumática) y los tapones fusibles que en su momento despresurizaran la línea neumática.

La activación automática de los sistemas de aspersión será mediante la red de tapones fusible, o podrá ser activada por medio de la estación manual local, de la válvula de diluvio.

La válvula de diluvio será activada por la despresurización del sistema neumático de los tapones fusible, ocasionado principalmente por la fusión de uno o varios de ellos al presentarse un fuego, permitiendo así el paso del flujo de agua al área donde se localiza el siniestro.

Se deberá considerar la instalación de un sistema de activación remota local, fuera del área de riesgo, cercano a rutas de evacuación.

11.3.1 **Red de tapones fusibles de los sistemas de aspersores**

Para la activación de los sistemas de aspersores se instalará una red de tapones fusible formado por una red neumática presurizada con aire de instrumentos. Se considerará la línea neumática con tapones fusible para la activación de los sistemas de aspersores para enfriamiento en caso de incendio.

El sistema de detección de calor tipo tapón fusible estará conectado directamente a la válvula de diluvio a través de una línea neumática. Este sistema estará formado por lo siguiente: Detector de calor tipo tapón fusible de aleación eutéctica con punto de fusión de 71° C (160° F).

El arreglo de tapones fusibles, debe cumplir con la tabla D.1 de la **ISO 10418:2003**, así como con/ **API-RP-14C** Edición 2007.

La línea de suministro neumático de 1/2" de diámetro debe ser soportada en toda su longitud con ángulo multiperforadora sujeta mediante cintas flejadoras y hebilla de acero inoxidable.

Las líneas neumáticas presurizadas de 3/8" de diámetro, se instalarán soportadas de las líneas de agua contra incendio o ramales de alimentación a aspersores.

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 16 DE 46 Rev. -

11.4 SISTEMA DE DETECCIÓN Y ALARMA DE GAS Y FUEGO

El sistema de gas y fuego se considera solo en la plataforma Ek-A/Perforación, estará integrado por detectores de gas combustible metano (CH₄), gas tóxico sulfhídrico (H₂S) y de fuego (general) los cuales integraran la señal(es) a través de la UPR de Gas y Fuego existente de la plataforma Ek-A Perforación.

El sistema de detección y alarma se diseñará con topología de punto a punto de acuerdo a la filosofía existente en la plataforma, es decir que todos los detectores (dispositivos de entradas/salidas) deberán ser alambrados punto a punto a los módulos de entrada/salida de la UPR F&G.

11.4.1 Detección de gas tóxico (H₂S)

Los transmisores de gas tóxico tipo electroquímico operarán a 24 Vcd nominales, señal de salida lineal de 0 a 20 mA (0-4 diagnóstico; 4 a 20 mA medición), pantalla de 8 caracteres alfanuméricos para visualizar estado del transmisor.

Para la localización de los detectores de gas tóxico tipo electroquímico se considera un sensor dentro de una distancia de 3 m (10 ft), para monitorear las fuentes posibles de fuga que puedan ocasionar una concentración peligrosa de gas, en base a las recomendaciones del **API RP 14C**.

Debido a que el gas de sulfuro de hidrógeno es más pesado que el aire, los sensores se deben instalar a no más de 0,9 m (36 in) sobre el piso (cubierta). Para permitir las actividades de mantenimiento y reducir la probabilidad de humedad durante el lavado del área, los sensores se deben instalar a no menos de 0,3 m (12 in) sobre el piso (cubierta).

El contratista debe considerar que los nuevos detectores de gas tóxico sean compatibles con los existentes y con el sistema de gas y fuego que se encuentra operando actualmente en cada una de las plataformas.

11.4.2 Detección de gas combustible

Los transmisores de gas combustible tipo infrarrojo, operarán a 24 Vcd nominales, señal de salida lineal de 0 a 20 mA (0-4 diagnóstico; 4 a 20 mA medición), pantalla de 8 caracteres alfanuméricos para visualizar estado del transmisor y sensor tipo infrarrojo, con rango de detección de 0 a 100% LEL, deben ser capaces de detectar al menos dos niveles de concentración (20 y 40 % LEL), temperatura de operación -40 a 60 °C y un rango de humedad relativa de 0 a 95%, contará con certificación FMRC, CSA, CENELEC para su clasificación a prueba de explosión.

La instalación y espaciamiento de los detectores de este tipo de detectores debe basarse en:

- Localizar los detectores en el equipo o en el punto de fuga potencial, tomando en cuenta la dirección de los vientos reinantes y predominantes.
- Localizar los detectores en un área donde exista una potencial concentración de gas.
Consideraciones que se deben tomar en cuenta para la localización, espaciamiento e instalación de detectores de gas combustible.
- Se debe localizar en la parte superior de los equipos o cercanos a este.
- Usar filtros para protección contra el polvo.

El contratista debe considerar que los nuevos detectores de gas combustible a instalar sean compatibles con los existentes y con el sistema de gas y fuego existente actual.

11.4.3 Detección de fuego

Los detectores de flama deben operar con un suministro eléctrico de 24 V c.c. +/- 25%.

Los detectores de flama UV/IR tienen un ángulo del campo de visión debe ser de 90°. La instalación típica de este tipo de dispositivo debe ser como mínimo a una distancia de 15 m (49.21 ft) con capacidad para detectar fuegos de N-heptano con un área de 0,093 m² (1 ft²).

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 17 DE 46 Rev. -

De acuerdo a la aplicación el detector debe responder a la radiación en el rango de 4,4 micrones, buscando patrones específicos de parpadeo de una flama por hidrocarburos, para confirmar fuego.

De acuerdo a la aplicación el detector debe responder a la radiación en el rango de 2 micrones a 5 micrones, buscando patrones específicos de parpadeo de una flama por hidrogeno, para confirmar fuego.

El detector debe usar tecnología de microprocesadores para analizar las longitudes de onda UV/IR detectadas, así como información térmica de múltiples fuentes de combustión, para posteriormente relacionarlas entre sí con patrones de flama pre-programados, minimizando falsas alarmas.

El detector debe estar diseñado para ejecutar pruebas en activación manual y automática de integridad óptica y debe tener salida analógica de 0 mA-20 mA, para determinar: falla general, falla de suministro de energía, falla de integridad óptica, valor de la variable, operación normal y alarma por fuego. El campo de visión debe ser con un mínimo de 90°.

Los detectores deben operar bajo el principio de zona cruzada, los conos de visión deben cubrir el equipo en su totalidad y evitar zonas oscuras.

Los detectores se deben ubicar de acuerdo al análisis del área específica a proteger y monitorear de manera que ninguno de los puntos del área de riesgo que requiera detección esté fuera del campo de visión y será responsabilidad del contratista realizar este análisis.

Para definir la ubicación de los detectores de flama se debe cumplir con el traslape de los campos de visión en el área a proteger, así como la relación entre la sensibilidad y la separación del detector de flama.

11.4.4 Rutas de Evacuación para todas las plataformas del proyecto

Todas las áreas de instalación de las trampas en todas las plataformas indicadas deben tener identificado y trazado las rutas de evacuación estas deben estar pintadas al piso de la plataforma y debe consistir de una franja de un ancho que va desde los 90 cm hasta un máximo de 1.20 m la franja consiste de una franja central de color verde RAL 6032 y dos rayas laterales de 10 cm ancho cada una de color amarillo RAL 1003.

La ruta de evacuación debe contar con flechas centrales para indicar el sentido de la ruta de evacuación. La ruta de evacuación adicionalmente debe estar asistida mediante señales de seguridad, todas las señales de seguridad deben cumplir con las disposiciones de la **NFPA-170** y **NOM-026-STPS-2008**.

12.0 INGENIERÍA ELÉCTRICA

12.1 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

La especialidad define los requerimientos para el suministro y distribución de energía eléctrica para alimentación eléctrica de los equipos del proyecto a instalar para las plataformas Balam-TB, Ek-A/Perforación, Ek-TB, Ek-TA, Balam-TA y Balam-1.

El diseño considera la ingeniería de detalle para los sistemas eléctricos de plataforma como a continuación se indican:

- Clasificación de áreas peligrosas.
- Distribución de alumbrado normal de las trampas de diablos, en la ampliación del cantiliver de este proyecto.
- Sistema de puesta a tierra en trampas de diablos.
- El sistema de alumbrado en las trampas deben cumplir con los niveles de iluminación y ergonomía indicados en la NOM-025-STPS-2008 y la norma NRF-048-PEMEX-2014.

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 18 DE 46 Rev. -

La ingeniería debe proveer una instalación que cumpla con los siguientes requerimientos:

- Seguridad.
- Flexibilidad.
- Confiabilidad.
- Economía.
- Ecología.
- Ergonomía.
- Facilidad de mantenimiento.

12.2 CLASIFICACIÓN DE ÁREAS PELIGROSAS

La clasificación de áreas peligrosas se diseñará de acuerdo a los lineamientos técnicos de la Norma Oficial Mexicana **NOM-001-SEDE-2012**, “Instalaciones Eléctricas (Utilización)” artículos 500 al 514, de la especificación **P.2.0203.01-2015**. “Clasificación de Áreas Peligrosas y Selección de Equipo Eléctrico”, y con el **API 500** (Instituto Americano del Petróleo) Recomendación Práctica para Clasificación de Áreas, de los que se toman en cuenta las siguientes consideraciones:

- Temperatura de ignición y de evaporación de los hidrocarburos que estarán presentes en la instalación.
- Densidad relativa de los productos que se manejarán con respecto al aire.
- Presiones de operación que existirán en el proceso.
- Condiciones climatológicas existentes en el área.
- Sustancias inflamables que pudiesen existir en la atmósfera por el manejo de los hidrocarburos.

Lo anterior para limitar las áreas con ambiente peligroso y poder establecer las extensiones mínimas de seguridad debido a las concentraciones de gases, vapores o líquidos inflamables que estarán o pudiesen estar presentes en la operación y en el mantenimiento de la instalación, así mismo realizar una segura y correcta selección del equipo eléctrico y equipo de otras especialidades que serán instalados en la plataforma.

La clasificación de áreas peligrosas clase I, división 1 y/o división 2, grupos C o D, la ubicación de las fuentes de peligro y el área de influencia serán definidas en el proyecto de acuerdo a lo indicado en la **NOM-001-SEDE-2012**, **P.2.0203.01-2015**, y **API-RP-500**; no obstante, se deben realizar las siguientes consideraciones en el proyecto:

- Los gabinetes de equipos deben ser especificados a prueba de explosión clase I, división 1, cuando estén localizados en áreas exteriores y en áreas interiores que cuenten con clasificación de área peligrosa.
- En el caso de que los equipos eléctricos se encuentren localizados en áreas interiores con clasificación de área normal en cuarto eléctrico presurizado, los equipos serán especificados NEMA 1 para propósitos generales.
- Las luminarias que se encuentren localizadas en áreas exteriores, tendrán recubrimiento exterior de PVC e interior de uretano.
- Todas las luminarias que se encuentren localizadas en áreas exteriores con clasificación de área peligrosa, serán especificadas a prueba de vapor (clase I, División 2) a prueba de explosión (clase I, División 1).
- En los equipos paquete, las cajas de conexiones de alambrado, tubería conduit, coples flexibles, sellos, tuercas unión, etc. Serán especificadas a prueba de explosión clase I, división 1, cuando estén localizadas en áreas exteriores e interiores con clasificación de área peligrosa.

12.3 CANALIZACIONES ELÉCTRICAS

12.3.1 Tubería

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 19 DE 46 Rev. -

La tubería conduit para uso exterior en la plataforma será de aluminio libre de cobre, cédula 40, con recubrimiento exterior de PVC e interior de uretano. El tamaño mínimo debe ser 21 mm (3/4" Ø) de diámetro, y el máximo de 103 mm (4" Ø).

Para el alojamiento y protección de los conductores en las interconexiones eléctricas, deberá estar de acuerdo con la especificación **P.2.0227.04-2015** y a la **NOM-001-SEDE-2012**.

Lo anterior aplica también para todos los accesorios de canalización como: curvas, coples, cajas registro, sellos, tuercas unión, con cubierta exterior de PVC e interior de uretano del mismo espesor de la tubería conduit y abrazaderas con cubierta exterior de PVC.

12.4 CONDUCTORES ELÉCTRICOS

Las cajas de registro y de conexiones serán condulets de aluminio serie redonda con tapa roscada para área clase I División 1 y serie ovalada reforzada, con tapa y empaque para áreas clase V División 2.

Los alimentadores de baja tensión para circuitos de alumbrado se dimensionaran por capacidad de corriente y caída de tensión.

El calibre mínimo de conductores a utilizar es el siguiente:

- Alumbrado: 3,31 mm² (12 AWG) de acuerdo a la **P.2.0227.04-2015**, numeral 8.4.3.

12.4.1 Capacidad de corriente

La capacidad permitida en conductores de cobre aislados hasta 2000 V nominales y 60 °C a 90 °C, está dada en las tablas 310-15(b)(16), 310-15(b)(17), A-310-3 y la sección 110-14(c) de la **NOM-001-SEDE-2012**.

12.4.2 Caída de tensión

En un circuito derivado que alimente cualquier tipo de carga (alumbrado, entre otros.), la caída de tensión hasta la salida más lejana del circuito no debe exceder del 3%. Asimismo, la caída total en el conjunto de los circuitos alimentadores y derivados, no debe exceder del 5% (Para los circuitos derivados ver sección 210-19 (a)(1) nota 4 y, para los circuitos alimentadores, ver sección 215-2(a)(4) nota 2 de la **NOM-001-SEDE-2012**) y la **P.2.0227.04-2015**, numeral 8.4.3.2.

12.4.3 Alimentadores en baja tensión (220/127 Volts)

- Cable monoconductor o multiconductor, constituido por conductor de cobre con aislamiento a base de Policloruro de Vinilo (PVC), tipo THW-LS/THHW-LS 90°C/75 °C 600 V con características de no propagación de incendios, de baja emisión de humos y bajo contenido de gas ácido como se indica en la **NRF-048-PEMEX-2014**.
- Cable Armado trifásico EP tipo RHH-RHW 90° C/75 °C (ambiente seco/húmedo o en aceite) 600 V formado por tres conductores de cobre suave, aislamiento EP, cubierta individual termofija conductor de tierra de cobre suave desnudo, cinta reunidora, armadura engargolada de acero galvanizado o aluminio, cubierta de PVC. Aplica para instalaciones visibles en plataformas marinas incluso en áreas Clase I División 1 y 2.
- La cubierta exterior de estos cables debe ser retardante a la flama, resistente a la luz solar y a los aceites, para soportar el ambiente marino altamente corrosivo el cual está presente en la plataforma.
- El código de colores del aislamiento en cables monoconductores y multiconductores en baja tensión hasta 600 V, con sección transversal hasta (2 AWG) debe ser consistente en todo el circuito, como se indica en la **P.2.0227.04-2015**, numeral 8.4.3.5.
- Fases (alumbrado):
 - A: Negro
 - B: Rojo

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 20 DE 46 Rev. -

- C: Azul.
- Conductor neutro: Blanco ó gris
- Conductor de puesta a tierra: Verde.

12.5 FILOSOFÍA Y DATOS DE DISEÑO SISTEMA DE TIERRAS

A continuación se indican los procedimientos que definen la filosofía de diseño para el sistema de tierras.

- Proveer un medio seguro para proteger al personal que se encuentra dentro o en la proximidad del sistema de tierras o de equipos conectados a tierra de los riesgos de una descarga eléctrica debido a condiciones de falla o descarga atmosférica.
- Proporcionar un circuito de muy baja impedancia para la circulación de las corrientes de falla a tierra.
- Proveer un medio para disipar las corrientes eléctricas indeseables a tierra, sin que se excedan los límites de operación de los equipos.
- Facilitar la operación de los dispositivos de protección para la eliminación de fallas a tierra.
- Proveer un medio de descarga y desenergización de equipos antes de proceder a las tareas de mantenimiento.
- Dar mayor confiabilidad y seguridad al servicio eléctrico.

12.6 MATERIALES DEL SISTEMA DE TIERRAS

- Conductor de cobre monopolar calibre 2/0 AWG, THHW-LS, 75°C, 600 VOLTS, desnudo o con aislamiento color verde.
- Conductor de cobre monopolar calibre 2 AWG, THHW-LS, 75°C, 600 VOLTS, desnudo o con aislamiento color verde.
- Los conectores mecánicos a compresión deben ser de cobre o aleación más resistente a la corrosión como es el caso del bronce al silicio. El cobre debe cumplir con los requerimientos de **ASTM B152** o equivalente. Los conectores deben estar protegidos contra la corrosión por un revestimiento de estaño no menor a 0,25 mm (10 milésimas de pulgada) de espesor. Los conectores a compresión no deben deformarse, agrietarse o romperse al instalarse y, además, deben mantener el contacto con el elemento conectado, durante su tiempo de vida útil. Los conectores mecánicos atornillables deben ser de cobre, bronce o aleación de cobre con propiedades eléctricas equivalentes. El cobre debe cumplir con los requerimientos de la norma **ASTM B152** o equivalente.
- El conector no debe presentar bordes filosos o esquinas superficiales que puedan dañar el aislamiento de los cables al contacto. En caso de que los conectores contengan algún compuesto químico para evitar la corrosión.
- La conductividad y la resistencia mecánica de los conectores no deben deteriorarse con el medio ambiente. Al momento de la compresión los conectores no deben producir chispa que pueda generar una explosión o incendio.

12.7 CONDICIONES DEL SISTEMA DE TIERRAS

El sistema de puesta a tierra incluye la conexión a tierra de la trampa de diablos y el tablero de pruebas parciales para válvula SDV, para las plataformas Balam-TB, Ek-A/Perforación, Ek-TB, Ek-TA, Balam-1 y Balam-TA.

- La red principal de tierras en la trampa debe ser a base de conductor desnudo ó aislado color verde calibre 2/0 AWG, y se conectará con la red de tierras existente por medio de conector mecánico a compresión.

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 21 DE 46 Rev. -

- La red de tierras perimetral debe conectarse (unirse) con la red de tierras principal existente en la plataforma en al menos un punto siendo este el más cercano y para tener un sistema seguro de puesta a tierra.
- Las derivaciones para puesta a tierra de trampa de diablos, tablero de pruebas parciales de válvula SDV se realizará con conductor desnudo ó aislado calibre 2 AWG. El equipo de desarenador ciclónico es a futuro, por lo que solo se considerará la llegada al área propuesta con conductor aislado calibre 2 AWG.
- Para la protección mecánica del cable de conexión a tierra que cruza la placa o rejilla del nivel donde está instalado el equipo se debe usar un cople de acero galvanizado con un conector glándula.
- Realizar mediciones de resistencia del sistema de tierras por lo menos cada seis meses.

El valor de la resistencia del sistema general de tierras debe ser de acuerdo a lo siguiente:

SITIO O LUGAR	VALORES DE RESISTENCIA (Ω)
Edificios, plantas de proceso y subestaciones	5
Terrenos con resistividad de 1000 a 3000 Ω /m	Hasta 25
Terrenos con resistividad mayor a 3000 Ω /m	Hasta 50

12.8 FILOSOFÍA Y DATOS DE DISEÑO SISTEMA DE ALUMBRADO

A continuación se indican los procedimientos que definen la filosofía de diseño para el alumbrado en las plataformas.

- La iluminación en instalaciones de plataformas marinas tiene como objetivo proporcionar seguridad al personal de operación y asegurar un trabajo efectivo y eficiente. En esta sección se tratan los niveles de iluminación, así como la selección de los luminarios.
- Para criterios y definiciones de alumbrado, ver numeral 8.12.1 en la **NRF-048-PEMEX-2014**.
- Los métodos de cálculo y criterios de diseño para determinar la iluminación en instalaciones costa afuera, deben ser de acuerdo a lo aplicable del numeral 8.5.1 de la especificación **P.2.0227.04-2015**.
- Se utilizarán luminarios localizados en el área perimetral, los cuales deben proporcionar el nivel luminoso suficiente para esta área.
- El alumbrado será diseñado para mantener el nivel de iluminación requerido y medido en un plano de trabajo de 70 cms. S.N.P.T.
- El alumbrado deberá operar a 220 VCA, empleándose lámparas tipo VMV9L LED, DE 98 W, 240 VCA, 60 HZ.
- Los luminarios deberán ser de construcción a “prueba de explosión” en áreas exteriores, excepto donde se indique otro tipo debido a la clasificación del área, equipándose con guarda para protegerlas de daños mecánicos.
- Los interruptores derivados de tableros de alimentación para alumbrado deberán ser de 15 ó 20 AMPERES, con el 80% de su capacidad como máximo.
- Se reubicarán las luces de ayuda a la navegación para las plataformas Ek-A, Balam-1, Balam-TA, Ek-TB y Ek-TA, por adecuación del cantiliver.

12.9 NIVELES DE ILUMINACIÓN EN INSTALACIONES DE PEMEX

- El sistema de alumbrado debe ser diseñado para proporcionar la cantidad y calidad de iluminación requerida en las diversas áreas que conforman las plataformas marinas. Se debe cumplir con un nivel de iluminación horizontal (o vertical según sea el caso) sobre el plano de trabajo en base al tipo de actividad a desarrollar en dicha área, así mismo el sistema de alumbrado debe tener la capacidad de evitar el deslumbramiento directo o reflejado con el fin de evitar la fatiga visual.

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 22 DE 46 Rev. -

- Los valores deben ser los indicados en la tabla 4, numeral 8.5.1.1 de la especificación **P.2.0227.04-2015**. Las áreas no incluidas deben cumplir con los indicados en el capítulo 7 de la **NOM-025-STPS-2008**.
- Para el alumbrado de emergencia los niveles de iluminación para seguridad del personal deben ser los indicados en la tabla 5 numeral 8.5.1.1 de la especificación **P.2.0227.04-2015**. En las áreas de la División 1.

Tabla 5.0 Niveles mínimos de iluminación para trabajos de eficiencia visual.

ÁREA	INTENSIDAD DE ILUMINACIÓN (LUXES)
Pasillos y escaleras exteriores	20
Áreas de cubiertas a la intemperie	50

Tabla 6.0 Niveles mínimos de iluminación para seguridad del personal (alumbrado de emergencia)

ÁREA	INTENSIDAD DE ILUMINACIÓN (LUXES)
Escaleras	20
Áreas exteriores	20
Pasillos	20

12.10 MATERIALES DEL SISTEMA DE ALUMBRADO

- Para plataformas marinas se deben considerar los tipos de luminarios de tecnología LED. De igual manera, considerar las condiciones del lugar donde se van a instalar, si son a prueba de explosión, a prueba de vapor o del tipo para usos generales y si son adecuados para soportar el medio ambiente húmedo y salino.
- La tubería conduit y accesorios empleados en la instalación eléctrica (exterior) debe ser rígida, de aluminio libre de cobre, cédula 40, con recubrimiento exterior 1,016 mm (0,040 pulg) de PVC e interior de 0,0508 mm (0,002 pulg) de uretano; de conformidad con el numeral 8.4.2.1 de la **P.2.0227.04-2015**. La tubería debe estar firmemente sujeta mediante abrazaderas de acero galvanizado, recubiertas de PVC. Deben cumplir con las pruebas requeridas para este tipo de material, como son:
 - Dureza, adherencia y espesor del recubrimiento exterior de PVC.
 - Dureza, adherencia y espesor del recubrimiento interior de uretano.

Lo anterior aplica también para todos los accesorios de canalización como: curvas, coples, cajas registro, sellos, tuercas unión, con cubierta exterior de PVC e interior de uretano del mismo espesor de la tubería conduit y abrazaderas con cubierta exterior de PVC.

Los accesorios como cajas de conexiones y sellos deben de contar con mangas de PVC en las entradas para mantener a los agentes corrosivos fuera del sistema conduit.

- Conductores eléctricos
 - Los alimentadores de baja para circuitos de alumbrado deben dimensionarse por capacidad de conducción de corriente, caída de tensión.
 - El tamaño mínimo de conductores a utilizar es el siguiente:
 - Alumbrado: 3.31 mm² (12 AWG)
 - Luces de ayuda a navegación: 3.31 mm² (12 AWG)
 - Cable Armado trifásico EP tipo RHH-RHW 90° C/75 °C (ambiente seco/húmedo o en aceite) 600 V formado por tres conductores de cobre suave, aislamiento EP, cubierta individual termofija

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 23 DE 46 Rev. -

conductor de tierra de cobre suave desnudo, cinta reunidora, armadura engargolada de acero galvanizado o aluminio, cubierta de PVC. Aplica para instalaciones visibles en plataformas marinas incluso en Clase I División 2.

- Métodos de alambrado para áreas clasificadas.

Instalación de conductores en áreas Clase I, División 1 y 2.

- Los conductores no deben localizarse en lugares donde están expuestos a líquidos, gases o vapores inflamables, que tengan efectos dañinos, ni donde estén expuestos a temperaturas excesivas.
- En caso de instalar cables multiconductores de señales o bien cables tripolares, con el cuarto conductor de tierra y cubierta final de PVC, se permite instalarlos en charolas para cables, y protegidos con tubo conduit en áreas o lugares expuestos a golpes o daños originados por la atmósfera.

Conductores permitidos en áreas Clase I, División 1.

- Conductores tipo MI: Se permite emplearse para instalaciones ocultas y visibles y pueden ir autoportados en charolas.

Ver sección 332.12 de la **NOM-001-SEDE-2012**, para restricciones en el uso del cable tipo MI.

13.0 INGENIERÍA DE TUBERÍA SOBRE CUBIERTA

El alcance de tuberías incluye: cuello de ganso.

13.1 CRITERIO DE DISEÑO CUELLO DE GANSO

El cuello de ganso será diseñado conforme a la **ASME B31.8**; inicia desde la te de flujo axial de la trampa de diablos hasta la unión superior de la junta aislante.

El espesor de pared de la tubería a instalar será, de acuerdo a los criterios indicados en la **NRF-001-PEMEX-2013** y la **P.2.0722.03:2015**, considerando una vida útil de 20 años. Para tal efecto se tomarán los parámetros de las condiciones de diseño indicadas en el punto 2.2.1 de este documento.

13.2 ARREGLO DE TUBERÍAS

Las líneas de proceso se interconectarán, por medio de una válvula existente, localizada en el cabezal general de producción, para el caso de la plataforma Balam-TB, y una vez realizada la etapa, esta, será conectada a la trampa lanzadora.

Para la plataforma Ek-TB, la línea de proceso, seguirá el mismo lineamiento de los anteriores, pero con la variante que se interconectará al cabezal general de producción por medio de Hot Tapping.

Cada línea de proceso será diseñada conforme al código **ASME B31.3** desde la válvula de derivación a proceso de la trampa, hasta la interconexión con la línea de llegada al cabezal general de producción.

En los drenajes abiertos, se dejará la preparación con brida ciega.

Los drenajes cerrados, serán recolectados en forma conjunta, con el desfogue de la trampa para de ahí interconectarlos con el cabezal que va al quemador.

En caso de que la plataforma no cuente con quemador, los desfuegos se ventearan a un lugar seguro.

Cabe mencionar que, tanto la línea de proceso como la de servicios, solo son mencionadas como diseños conceptuales; la contratista que se le asigne el contrato, será la responsable de diseñar dichos sistemas.

La tubería del proyecto estará ruteada de tal forma que establezca un arreglo sencillo de fácil montaje y que al mismo tiempo sea funcional y ergonómico con las trayectorias lo más cortas posibles y el mínimo de accesorios, permitiendo a la vez, una operación fácil y segura de los equipos, considerando espacios suficientes para maniobras de mantenimiento.

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 24 DE 46 Rev. -

Los diseños de las tuberías se representarán en planos de plantas, elevaciones, detalles, circuito de tuberías e isométricos, para cada línea de servicio.

13.3 MATERIALES PARA TUBERÍA, VÁLVULAS, BRIDAS Y CONEXIONES

- **TUBERÍA PARA CUELLO DE GANSO:** Considerando válvulas, bridas, conexiones y accesorios a utilizar desde la junta aislante hasta la interconexión con la te de flujo axial de la trampa de diablos, será conforme a la **NRF-001-PEMEX-2013**. Para la junta monoblock se deberá considerar el análisis del empaque con el producto a manejar, para garantizar que no exista ninguna afectación.
- **TUBERÍA PARA LÍNEA DE PROCESO Y SERVICIOS:** Considerando válvulas, bridas, conexiones y accesorios a utilizar desde la válvula de desvío de la trampa de diablos, será conforme a la **ASME B31.3**.
- **TUBERÍA PARA INYECCIÓN DE INHIBIDOR DE CORROSIÓN:** Considerando válvulas, bridas, conexiones y accesorios a utilizar desde la salida del paquete de inhibidor de corrosión al niple de inyección de la línea de proceso, será conforme a la **ASME B31.3**.
- **VÁLVULAS:** Las válvulas a utilizarse en los circuitos de tuberías, estarán fabricadas conforme a la **PEMEX-EST-0211/02-2017**, deben ser diseñadas y certificadas por **API-6D** y **API-6FA**. De 2 ½" de diámetro y mayores, el cuerpo será de material ASTM A-216, GR. WCB o ASTM A 350 LF2 de bola, (esféricas) extremos bridados, Junta tipo anillo (R.T.J) para las válvulas a instalarse en el cuello de ganso y en las conexiones de la trampa de diablos y R.F. para las válvulas a instalarse en la tubería de proceso sobre cubierta y servicios auxiliares. En tamaños de 2" de diámetro y menores, serán ASTM-A105, preferentemente de bola (esférica) extremos caja soldable, paso completo para servicio amargo, cumpliendo con el **NACE MR-01-75/ ISO 15156**, operadas con maneral, engranes y/o actuador conforme a lo que se indique en especificaciones de tuberías.

Las válvulas SDV'S y de la trampa (Seccionamiento y flujo normal) deberán ser con embridaje R.T.J. conforme a **PEMEX-EST-0204-/02-2016**, **P.2.0711.01-2015** y **PEMEX-EST-0211/02-2017**.

Las válvulas SDV'S, FLUJO NORMAL, PROCESO Y PATEO, deberán contar con puertos de inyección para mantenimiento.

- **BRIDAS:** Las bridas a utilizarse en los circuitos de tuberías, estarán construidas conforme a la especificación **ANSI B 16.5** de caja para soldar en diámetro de 2" y menores, y de cuello soldable en diámetros de 2 ½" hasta 24" de diámetro, material ASTM-A105. Especificación MSS-SP-44 en diámetros mayores a 24" material ASTM-A105 para la línea de proceso y material ASTM A-694 Grado F60 para el cuello de ganso, para servicio amargo, cumpliendo con el **NACE MR0175 / ISO 15156**. Las bridas serán con junta tipo anillo (R.T.J.) en la líneas de cuello de ganso y las involucradas en la trampa de diablos y R.F. para línea de proceso y servicios auxiliares.
- **CONEXIONES:** Las conexiones (codos, tes, reducciones, etc.) a utilizarse en los circuitos de tubería estarán construidas conforme al código **ASME/ANSI B16.11** en tamaños de 2"Ø y menores, de acero forjado ASTM-A105, con extremos de inserto soldable y/o roscados según se indique. En tamaños de 2 ½"Ø y mayores, estarán construidas conforme al código **ASME B16.9**, de acero forjado ASTM-A234, Gr. WPB, con extremos biselados para soldar a tope, cuando se utilice tubería grado "B". Todos estos materiales serán para servicio amargo que causa S.S.C. (Agrietamiento por esfuerzo en presencia de sulfuros) y deberán cumplir con el **NACE MR0175 / ISO 15156-1**. Las conexiones para el cuello de ganso serán MSS SP-75/ ASTM A-860 Grado WPHY-60 con extremos biselados.
- **EMPAQUES:** Los empaques para uniones bridadas R.T.J. serán: de tipo anillo octagonal de acero inoxidable UNS 304000 con dureza Brinell máxima de 160, de acuerdo al **ANSI B16.20**.

Para uniones bridadas R.F. serán: de tipo semimetálico (de cinta de acero inoxidable 316, devanado sobre grafito); de especificación **ASME B16.20**. El tipo de junta de las bridas será conforme al indicado en las especificaciones de tuberías.

- **ESPÁRRAGOS:** Los espárragos deberán ser de acero ASTM-A193, Gr. B7M y las tuercas de acero ASTM A194 y ASME B16.20, Gr. 2HM, Níquel, Cobalto y Boro solo para línea de proceso y

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 25 DE 46 Rev. -

administrados para líneas de servicio, para uso en ambiente marino. Sus dimensiones deben ser de acuerdo a código **ASME/ ANSI B16.5, ASME B16.21**.

- MISCELÁNEOS: Se deberán considerar nipolets para la toma de muestra, con doble válvula de muestreo, así como niple para la instalación del testigo de corrosión y niple para inyección de inhibidor de corrosión.

13.4 **TRAMPA DE DIABLOS**

Las trampas lanzadoras de las plataformas Balam-TB, Balam-TA Ek-TB y Ek-TA y receptora en Ek-A/Perforación, deberán ser fijas y serán diseñadas y especificadas para que sean suministradas como equipo paquete sobre un patín, incluyendo la interconexión con sus servicios, de acuerdo con la **P.2.0711.01-2015, ASME B31.8 y ASME B16.5**.

En las trampas (lanzadoras y receptora) se debe considerar lo siguiente:

- El espacio para las trampas de diablos, así como el espacio para su respectiva charola recolectora.
- La orientación de la tapa del barril será hacia el mar.
- La trampa de diablos estará diseñada de acuerdo a la especificación **P.2.0711.01-2015** y preparada para lanzar o recibir diablos de limpieza o instrumentados.
- Se interconectará la línea de dren de la cubierta al colector general.
- La válvula de seguridad se conectará al desfogue con sus bloqueos respectivos.
- Se dejarán preparativos para interconectar la línea del dren de la charola a la línea del cabezal de drenaje abierto.
- La válvula de seccionamiento y flujo normal deberá ser de bola, paso completo, (operada con engranes) para cierre y apertura de acuerdo a la **PEMEX-EST-0211/02-2017**.
- Contará con dos indicadores de presión uno en la cubeta y otro entre la válvula de seccionamiento y la cubeta.
- Las válvulas de bloqueo del barril y la válvula de pateo contarán con sus accesos para los operadores.
- Se proyectará con arreglo para montar y desmontar en cubierta.

Las trampas lanzadoras marinas, no se incluyen en este concepto, ya que serán temporales.

13.5 **PROTECCIÓN ANTICORROSIVA**

Toda la tubería de proceso y servicios auxiliares sobre cubierta será protegida contra la corrosión, conforme a lo indicado en la **NRF-295-PEMEX-2013**.

13.6 **FLEXIBILIDAD**

El objetivo del análisis de flexibilidad (de esfuerzos) de tuberías es proporcionar la confiabilidad en la operación los arreglos de tuberías cuando sean sometidas a cargas permanentes, de operación y ocasionales (sismo y viento), evitando posibles fallas en el material empleado en la construcción, mediante un arreglo óptimo para disipar deformaciones dentro del margen de esfuerzos permisibles conforme a los códigos **ASME B31.8 "Gas Transmission and Distribution Piping Systems"**.

Los análisis de esfuerzos de las líneas de cuello de ganso que se realizarán para este proyecto serán del tipo estructural estático. Estos análisis comprenderán únicamente las condiciones impuestas por las cargas de presión interna, temperatura, cargas muertas, cargas vivas, cargas térmicas y cargas externas ocasionadas por la acción del viento y sismo, sobre dichas líneas.

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 26 DE 46 Rev. -

13.7 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Presión de diseño.- Se considera la presión para cada componente del sistema de tubería arriba en un 10% de la presión máxima en operación durante las condiciones más severas de servicio.

Temperatura de diseño.- La temperatura de diseño para cada componente del sistema de tubería es la temperatura máxima de operación.

Fuerzas o cargas de diseño.- En el sistema de tuberías actúan diferentes cargas o sollicitaciones, estas cargas son producidas por una serie de factores, los cuales se mencionan a continuación:

- Cargas muertas.- Estas cargas se encuentran presentes en forma permanente, incluyen el peso propio de toda la tubería y de los accesorios.
- Cargas vivas.- Estas cargas incluyen el peso propio del fluido transportado o el medio empleado para la prueba hidrostática.
- Cargas térmicas.- Estas cargas son las producidas por el efecto de la temperatura.
- Cargas por viento.- Se considera el efecto de la carga del viento sobre un sistema de tubería expuesto a éste.
- Cargas por sismo.- Se considera el efecto de la excitación del suelo sobre un sistema de tubería expuesto al movimiento de éste.

13.8 DATOS DE DISEÑO

Para sistemas de tubería sobre las cubiertas en las plataformas: Balam-TB, Ek-A/Perf., Balam-TA, Balam-1, Ek-TB y Ek-TA se utilizarán los siguientes parámetros (Valores obtenidos de la base de Usuario):

- Temperatura media anual 26.7°C
- Factor de fricción acero con acero 0.3
- Coeficiente de expansión Térmica 11.7×10^{-6} mm/mm/°C
- Módulo de elasticidad 2.02×10^6 kg/cm²
- Relación de Poisson 0.3
- Presión y Temperatura de Diseño: Las indicadas en los isométricos de tuberías.

Conforme a las bases de usuario, la velocidad del viento es de 240 km/h en condiciones de huracán.

13.9 CARGAS DE DISEÑO

Los esfuerzos considerados, serán para las siguientes condiciones:

- | | | |
|----|--------------------|---|
| a) | Presión interna | (Presión de diseño). |
| b) | Cargas sostenidas | (Gravitacionales + Presión máxima) |
| c) | Cargas ocasionales | (Cargas sostenidas + Viento o sismo) |
| d) | Expansión Térmica | (Expansión o contracción térmica por el gradiente térmico). |

Cargas sostenidas.

Estas cargas se encuentran presentes en forma permanente, incluyen el peso propio de toda la tubería y del fluido transportado y de los accesorios y la presión de diseño. No se considera la presión externa.

Cargas Ocasionales.

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 27 DE 46 Rev. -

Estas cargas incluyen las cargas sostenidas más las cargas accidentales, sin considerar la acción de la fricción.

Cargas Térmicas.

Estas son las generadas por la acción empujes y momentos producidos en la tubería ocasionados por expansiones o contracciones térmicas debido a la temperatura del fluido transportado y al gradiente de temperatura entre la temperatura del fluido y el medio ambiente (temperatura mínima extrema).

13.10 SOFTWARE DE ANÁLISIS

Para la ejecución de cálculos por computadora se empleara el software AUTOPIPE versión V8i.

13.11 SOPORTERÍA

El diseño y localización de los soportes se basa en los análisis de flexibilidad de la tubería sobre cubierta en las plataformas: Balam-TB, Ek-A/Perf., Balam-TA, Balam-1, Ek-TB y Ek-TA con base en las cargas transmitidas hacia ellos, estas cargas incluyen las debidas al peso propio del sistema de tuberías, peso del fluido, las inducidas por efecto de la presión y temperatura de diseño, viento, sismo y las condiciones de la prueba hidrostática; de estas diferentes condiciones se obtienen las cargas máximas que se aplicarán en los soportes cumpliendo con los lineamientos de la norma **MSS SP-58** "Pipe Hangers and Supports Materials, Design and Manufacture", y al "Manual de Construcción en Acero" (IMCA).

La localización de los soportes depende del tamaño de la tubería, configuración de la misma, localización de las válvulas y accesorios, y de la estructura disponible para el soporte de tuberías

La separación máxima entre soportes será conforme a lo indicado en la norma **MSS SP-69** "Pipe Hangers and Supports – Selection and Application", última edición.

En caso que se presenten cargas concentradas, los soportes serán puestos tan cerca como sea posible a la carga, con la intención de mantener el esfuerzo flexionante al mínimo. Los soportes serán colocados inmediatamente después de cualquier cambio de dirección en la tubería. Para válvulas de 18"Ø y mayores serán instalados soportes en la base de las válvulas que les permita cargar el peso de está y evitar fugas en las uniones bridadas.

El acero estructural utilizado en el diseño de soportes será el siguiente:

ASTM A36 con $F_y=2530 \text{ kg/cm}^2$ para perfiles y placa.

ASTM A53 Grado B con $F_y=2406 \text{ kg/cm}^2$ para tubos circulares.

Los soportes de acero estructural se diseñaran conforme a las normas **MSS SP-58** "Pipe Hangers and Supports Materials, Design and Manufacture" y al "Manual de Construcción en Acero" (IMCA).

La ejecución y reparación de todas las soldaduras de campo y taller deberán hacerse como se especifica en las normas AWS.

Todas las tuberías de 3"Ø y mayores deberán llevar zapata con placa de refuerzo, en los puntos de apoyo, la cual deberá soldarse perimetralmente a la tubería, a menos de que se indique otra cosa en el isométrico de soportería de tuberías.

Los anclajes, guías, paros y soportes deslizantes serán localizados y diseñados única y exclusivamente en base a los análisis de esfuerzos efectuados al sistema de tuberías donde se ubiquen.

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 28 DE 46 Rev. -

Se deberá asegurar que las soldaduras longitudinales y transversales de la tubería queden separados como mínimo cuatro pulgadas de las placas de distribución de carga de los diferentes tipos de soportes. La localización e identificación de soportes de las líneas se indicarán en los isométricos de tuberías y en los planos de localización de soportes se mostrarán los detalles de éstos.

Los soportes típicos son aquellos cuyo uso común y frecuente hace que se estandarice su diseño. Se editarán planos de detalles de los mismos.

14.0 **CIVIL ESTRUCTURAS**

14.1 **FILOSOFÍA Y DATOS DE DISEÑO**

A continuación se indican los requerimientos que definen la filosofía de diseño, de la adecuación de áreas y/o reforzamiento estructural para la instalación de trampa de diablos y soportería del cuello de ganso, línea de proceso y líneas de servicio en la cubierta inferior de las plataformas: Balam-TB, Balam-TA, Balam-1, Ek-TB, Ek-TA y Ek-A/Perforación para operar un sistema de ductos de recolección y transporte de la producción de todas plataformas del campo Ek-Balam hacia el centro de proceso Akal-B:

- Las estructuras serán adecuadas para brindar el soporte y área de acceso para la operación de las trampas receptoras y lanzadoras de diablos y válvulas de paro de emergencia SDV; así como brindar protección al ducto ascendente (defensas) por impacto de embarcaciones, soportes para el ducto ascendente (abrazaderas) y apoyo para los arreglos de tuberías del cuello de ganso y línea de proceso (soptería), ampliación o refuerzo de cantiléver existente para soportar trampa de diablos, canastillas para operación y mantenimiento de válvulas SDV, canastillas para extracción de testigo de corrosión y ampliación de pasillos para dar acceso hacia las tomas de potenciales.
- Los elementos estructurales serán diseñados para cumplir con los códigos y normas aplicables; de manera que su construcción sea factible y segura.
- Los elementos principales y secundarios deben soportar los efectos de la corrosión, por lo cual deberán contar con un recubrimiento anticorrosivo de acuerdo a la norma **NRF-295-PEMEX-2013**.

14.1.1 **Materiales**

Para la selección del material se utilizarán las siguientes especificaciones:

- Se usará acero estructural ASTM A-36 para: placas, canales, ángulos, vigas prismáticas y redondos sólidos.
- Para tubería metálica de 1 ½" a 3 ½" de diámetro se utilizarán Acero ASTM A-53 Gr. B.
- Para elementos tubulares mayores a 3 ½" tubo de acero al carbón completamente desoxidado API-5L grado B.
- La tornillería en abrazaderas y defensa para ducto ascendente cumple con la norma **ASTM 193B7M**.
- Soldadura: los electrodos serán de la serie E-70XX.

14.1.2 **Relación De Esfuerzos**

Los criterios de aceptación son determinados por los códigos aplicables a cada estructura en particular, en este caso están regidos por el código **AISC-WSD**, para el cual, todas las relaciones de iteración para todas las combinaciones de carga deben ser menores o iguales que la unidad. En el **API** en su sección 3.1.2 permite incrementar el esfuerzo permisible en una tercera parte para las condiciones accidentales (sismo y viento) siempre y cuando las secciones cumplan con el código **AISC-WSD** sin este incremento para las combinaciones de cargas gravitacionales (Carga muerta + Carga viva + Carga de equipo).

Para aplicar el mismo criterio de aceptación de tomar la unidad (1) como el valor máximo de las relaciones de falla en el caso de combinaciones de carga con acciones accidentales, se pueden reducir los esfuerzos actuantes en un porcentaje igual a $1/1.33=0.75$.

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 29 DE 46 Rev. -

Establecidas las combinaciones con este criterio la relación de esfuerzos no debe exceder del valor de la unidad (1).

14.1.3 Desplazamientos Permisibles

Las flechas máximas permisibles en elementos de estructura serán los siguientes:

Desplazamientos verticales:

Elementos principales: Δ deflexión permisible = $L/360$

L = Distancia entre apoyos.

La deflexión máxima admitida en cantiléver será de $L/180$.

Referencia: AISC-325 14ª edición. Parte 5, Capítulo L (Service ability design considerations).

Desplazamientos horizontales:

Elementos principales: Δ deflexión permisible = $0.006 (H)$

H = Altura relativa

14.2 SEGURIDAD Y PROTECCIÓN DE LA ESTRUCTURA

La filosofía de seguridad se basará en la identificación de las posibles fuentes de peligro a lo largo de la vida útil de la estructura, que es de 20 años. Las consecuencias de los peligros potenciales serán evaluadas e identificadas y se aplicarán medidas que mitiguen o reduzcan el nivel de riesgo, en donde sea necesario.

Se verificará el riesgo ocasionado por las siguientes actividades:

- Actividad sísmica en el área;
- Actividades propias de construcción, operación y mantenimiento;
- Aspectos ambientales;
- Actividades de terceros.

14.3 SOPORTES ESTRUCTURALES

Del análisis de flexibilidad de la línea se obtienen las acciones en los soportes de tuberías, donde estos deben de ser diseñados con perfiles estructurales que sean capaces de resistir las fuerzas actuantes, cumpliendo con los esfuerzos permisibles que establece el código **AISC-WSD**.

CARGAS CONSIDERADAS EN SOPORTES

- a) Peso Propio. Esta condición de carga es calculada por el programa mediante el comando "selfweight" con base en el peso volumétrico del acero. Se considera un incremento en el peso del 5% para tomar en cuenta los accesorios que no se modelan.
- b) Cargas resultantes del análisis de flexibilidad.
- c) Cargas por Viento. Esta condición de carga es producida por el viento el cual genera fuerzas sobre los miembros estructurales del soporte. Estas cargas se calculan considerando las áreas expuestas de los elementos estructurales y se aplican en dos direcciones perpendiculares. Las cargas de viento se aplican sobre los elementos estructurales como cargas uniformemente repartidas. Las cargas de viento se evaluarán de acuerdo a lo estipulado por el **API RP 2A** inciso 2.3.2.b.1.

Las velocidades de viento para diseño en condiciones de operación y de tormenta se obtendrán de la especificación **P.2.0130.01:2015**, Diseño y Evaluación de plataformas fijas en la Sonda de Campeche, inciso 10 Parámetros meteorológicos y oceanográficos para diseño.

MODELO DE ANÁLISIS Y SOFTWARE UTILIZADO

En el análisis estructural se tomarán en cuenta las cargas verticales debidas al peso propio, carga muerta y carga viva, así como de fuerzas horizontales generadas por acciones accidentales, de acuerdo con las normas en vigor, y empleando para ello un programa de computadora tridimensional (STAAD.Pro V8i), asociando los diversos estados de carga en combinaciones posibles para generar los resultados más

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 30 DE 46 Rev. -

desfavorables sobre los elementos que constituyen el soporte. Los resultados generados consisten en los desplazamientos y rotaciones de los nodos, los elementos mecánicos de fuerza axial, cortante y flexión para las tres direcciones ortogonales de las barras, así como las reacciones en los apoyos. Las unidades se encuentran en todo momento indicadas. La revisión se realizará empleando la envolvente de acciones que actuarán sobre los elementos constitutivos, siguiendo las normas que para tal efecto propone el **AISC-WSD** para el diseño y revisión de estructuras metálicas; el programa tridimensional analiza cada uno de los elementos y verifica que cumplan con las disposiciones descritas.

14.4 AMPLIACIONES O REFORZAMIENTO DE CANTILIVER PARA SOPORTAR TRAMPAS DE DIABLOS Y AMPLIACIONES DE PASILLOS PARA ACCESO HACIA LA TOMA DE POTENCIALES EN LOS DUCTOS ASCENDENTES Y CANASTILLAS PARA VÁLVULAS SDV EN PLATAFORMAS: BALAM-TB, BALAM-TA, BALAM-1, EK-TB, EK-TA Y EK-A/PERFORACIÓN

Se realizarán ampliaciones o reforzamiento en cantiliver de la cubierta de producción, según se requiera, para alojar las Trampas de diablos de proyecto, de acuerdo a los planos de localización de equipos (PLG) de cada plataforma, por medio de elementos de refuerzo que sean capaces de soportar el peso propio de la estructura, cargas vivas, viento por operación y tormenta así como las descargas del equipo en condiciones de operación, tomando en cuenta los espacios para pasillos y maniobras de mantenimiento en la cubeta. Para las canastillas para alojar válvulas SDV se tomará en cuenta el peso de esta con su respectivo actuador definido por el departamento de Instrumentación y control. En el caso de las ampliaciones de los pasillos para acceso a las tomas de potenciales también se tomarán en cuenta las cargas mencionadas anteriormente más la carga por oleaje de operación y de tormenta, la estructura se ampliará usando las secciones de los perfiles existentes, si el análisis estructural así lo determina.

- El análisis se hará tridimensional y el comportamiento de los materiales se supondrá elástico lineal.
- El procedimiento de Análisis Estructural será de acuerdo al Método de las Rigideces.
- La estructura será resuelta por el programa de cómputo STAAD.Pro V8i.
- El modelo computarizado de la estructura incluirá los elementos estructurales principales y secundarios.

CARGAS

d) Cargas muertas

Las cargas gravitacionales consistirán en el peso propio de la estructura, rejilla, instalaciones, etc., y cualquier material unido o soportado permanentemente a la estructura.

Estas cargas se considerarán para el análisis estructural como cargas uniformes en los elementos secundarios de la estructura. El peso propio de la estructura será calculado automáticamente por el programa de aplicación STAAD.Pro V8i con el comando SELFWEIGHT, considerando una densidad del acero de 7.854 ton/m³ y el volumen de cada miembro existente en el modelo matemático. Para el Peso no generado por el programa se considerará el peso de la rejilla Irving y sus accesorios, con una carga de 60 kg/m², la carga muerta generada por barandales perimetrales se considerará de 25 kg/m².

e) Cargas vivas

Carga viva en cubierta de producción pasillos y escaleras 500 kg/m².

f) Cargas de equipo en operación

La carga de las trampa de diablos que se considerará para el análisis del refuerzo en condiciones de operación es el peso propio de esta más el líquido alojado dentro de éste, considerando el más crítico que corresponde a la prueba hidrostática o de la válvula SDV si es el caso.

g) Viento

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 31 DE 46 Rev. -

Se considerarán los datos meteorológicos para operación y tormenta obtenidos de la **P.2.0130.01:2015**, para la zona de Litoral de Tabasco y Sonda de Campeche.

14.5 **PROTECTOR (DEFENSA) PARA DUCTO ASCENDENTE EN PLATAFORMAS BALAM-TB, BALAM-TA, BALAM-1, EK-TB, EK-TA Y EK-A/PERFORACIÓN**

El protector (defensa) para el ducto ascendente tiene como finalidad amortiguar y proteger al ducto de impactos por: embarcaciones y/o golpes accidentales por otros, y así evitar el colapso del ducto, por lo que para su diseño se considerará el impacto de la embarcación por considerarse el más crítico. El protector está compuesto por elementos de fijación y elementos de protección. Los primeros son abrazaderas y los segundos son tubos de acero que forman el marco protector del ducto ascendente. Los elementos de fijación y de defensa se unen entre sí por medio de juntas atornilladas a través de placas circulares ciegas. El análisis y diseño estructural del protector, abrazaderas y las juntas atornilladas serán llevados a cabo por medio del programa STAAD.Pro V8i.

El protector deberá ser diseñado de tal forma que pueda ser montado en las plataformas Balam-TB, Balam-TA, Balam-1, Ek-TB, Ek-TA Y Ek-A/Perforación, evitando en lo posible realizar soldadura en campo en los apoyos sumergidos o cercanos a la zona de mareas, por lo anterior, las abrazaderas deberán ser atornilladas.

Para la localización de las abrazaderas del protector debe revisarse si en la elevación elegida, la abrazadera no traslapa con algún obstáculo, ya sea estructural u otro elemento (apoyos de embarcaderos, defensas de pierna, etc.).

CARGAS

En general, las cargas básicas consideradas son las siguientes:

- h) Carga por peso propio de la estructura (elementos tubulares, elementos de protección, concreto, etc.),
- i) Cargas debidas a la acción de la ola y corriente en condiciones de operación y de tormenta de acuerdo a la especificación **P.2.0130.01:2015**, y
- j) Carga por impacto de embarcaciones de acuerdo a la norma **P.2.0131.06:2015**.

La carga por peso propio es calculada directamente por el programa y posteriormente es afectada por un factor de contingencia de 1.05.

Las cargas debidas a la corriente, tanto en condiciones de operación como de tormenta, se aplicarán para tres direcciones de incidencia de la ola, consideradas a 45°. Los datos meteorológicos y oceanográficos considerados en este análisis son los correspondientes a la zona de estudio.

La fuerza de choque que se aplicará a la estructura, es la debida al impacto de una embarcación para 52 pasajeros (1,570.0 ton; velocidad de impacto de 0.457 m/seg.), por lo tanto será necesario estimar la energía de impacto de diseño, así como la fuerza de choque de diseño, considerando que se aplicará en las siguientes direcciones: 0° y a 30° teniendo en cuenta además las condiciones de Impacto de Costado y de Popa de acuerdo a la norma de referencia **P.2.0131.06:2015**.

En resumen, los casos de cargas básicas considerados son:

- Cargas debidas al peso propio de la estructura.
- Cargas debidas al oleaje y corriente de operación en 3 direcciones c/u a 45°.
- Cargas debidas al oleaje y corriente de tormenta en 3 direcciones c/u a 45°.
- Cargas por impacto de embarcación.

En cuanto a las combinaciones de cargas se distinguen dos grupos:

- Peso propio + Ola y corriente de operación + impacto.
- Peso propio + Ola y corriente de tormenta.

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 32 DE 46 Rev. -

14.6 ABRAZADERAS PARA DUCTO ASCENDENTE

El ducto ascendente es fijado a una de las columnas de la subestructura por medio de elementos de fijación, que en general son llamados “abrazaderas”. Estos elementos constan en general de los siguientes miembros: abrazadera en ducto ascendente, muñón (tubular) y abrazadera en columna.

Las abrazaderas se dividen en dos tipos diferentes que son modeladas como:

- Abrazadera ancla, solo se construye una de este tipo a lo largo de la columna. En ella se restringen todos los movimientos de traslación del ducto ascendente.
- Abrazadera guía, en la cual se permite el movimiento del ducto ascendente a lo largo de su eje longitudinal.

Para la localización de las abrazaderas se tomarán en cuenta los siguientes criterios:

- Las abrazaderas estarán aisladas del ducto ascendente mediante la colocación de neopreno para evitar el par galvánico.
- La abrazadera no se encontrará en el desarrollo de un codo.
- La abrazadera no se encontrará en la zona de protección contra mareas.
- La abrazadera no se encontrará a una altura en la que exista cambio de diámetro de la pierna de la plataforma o este sea variable.
- Dependiendo del nodo de la pierna de la plataforma, conservará una distancia mínima para salvar la unión y se dejará un espacio suficiente para la instalación y/o mantenimiento de la misma.
- Revisar si en la elevación elegida, la abrazadera traslapa con algún obstáculo, ya sea estructural o alguna abrazadera de otro ducto.
- Considerar el colocar una abrazadera entre la brida ducto-curva y el codo ascendente, para ayudar a la instalación de la curva de expansión.

Para cada tipo de abrazadera se hará un análisis y diseño estructural. El análisis se hará utilizando el STAAD.Pro V8i. Dentro de este análisis se hará la revisión (diseño) del muñón, las cargas utilizadas en el análisis corresponderán a las reacciones obtenidas del análisis de esfuerzos del ducto ascendente (del Programa AutoPIPE). Posterior al análisis estructural, se realizará el diseño de la abrazadera en columna y de la abrazadera en ducto ascendente, así como la revisión de la placa de refuerzo en la junta muñón-abrazadera en columna.

14.7 SOPORTES ESTRUCTURALES PARA EL CUELLO DE GANSO

Del análisis de flexibilidad de la línea se obtienen las acciones en los soportes de tuberías, donde estos deben de ser diseñados con perfiles estructurales que sean capaces de resistir las fuerzas actuantes, cumpliendo con los esfuerzos permisibles que establece el código **AISC-WSD**.

CARGAS CONSIDERADAS EN SOPORTES

- k) **Peso Propio.** Esta condición de carga es calculada por el programa mediante el comando “selfweight” con base en el peso volumétrico del acero. Se considera un incremento en el peso del 5% para tomar en cuenta los accesorios que no se modelan.
- l) **Cargas resultantes del análisis de flexibilidad.**
- m) **Cargas por Viento.** Esta condición de carga es producida por el viento el cual genera fuerzas sobre los miembros estructurales del soporte. Estas cargas se calculan considerando las áreas expuestas de los elementos estructurales y se aplican en dos direcciones perpendiculares. Las cargas de viento se aplican sobre los elementos estructurales como cargas uniformemente repartidas. Las cargas de viento se evaluarán de acuerdo a lo estipulado por el **API RP 2A** inciso 2.3.2.b.1.

Las velocidades de viento para diseño en condiciones de operación y de tormenta se obtendrán de la especificación **P.2.0130.01:2015**, Diseño y Evaluación de plataformas fijas en la Sonda de Campeche, inciso 10 Parámetros meteorológicos y oceanográficos para diseño.

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 33 DE 46 Rev. -

MODELO DE ANÁLISIS Y SOFTWARE UTILIZADO

En el análisis estructural se tomarán en cuenta las cargas verticales debidas al peso propio, carga muerta y carga viva, así como de fuerzas horizontales generadas por acciones accidentales, de acuerdo con las normas en vigor, y empleando para ello un programa de computadora tridimensional (STAAD.Pro V8i), asociando los diversos estados de carga en combinaciones posibles para generar los resultados más desfavorables sobre los elementos que constituyen el soporte. Los resultados generados consisten en los desplazamientos y rotaciones de los nodos, los elementos mecánicos de fuerza axial, cortante y flexión para las tres direcciones ortogonales de las barras, así como las reacciones en los apoyos. Las unidades se encuentran en todo momento indicadas. La revisión se realizará empleando la envolvente de acciones que actuarán sobre los elementos constitutivos, siguiendo las normas que para tal efecto propone el **AISC-WSD** para el diseño y revisión de estructuras metálicas; el programa tridimensional analiza cada uno de los elementos y verifica que cumplan con las disposiciones descritas.

15.0 INGENIERÍA DE INSTRUMENTACIÓN

Se contempla la automatización de las válvulas de bloqueo de emergencia (SDV) en las plataformas Ek-A Perforación, Ek-TA, Ek-TB, Balam-TA, Balam-TB y Balam-1 mediante un control neumático, el cual operará con un tablero de control neumático que recibirá las señales de los interruptores de presión de baja y alta, así como de la señal proveniente del tablero de control de pozos (PS, PSL & PSH). **NOTA:** Actualmente no hay control en Ek-A Perforación por lo que solo se monitorea la presión y temperatura de los ductos existentes en el sistema PI Process. Las Válvulas SDV's operan con control neumático como en las plataformas periféricas.

PLATAFORMAS: EK-TA, EK-TB, BALAM-TA, BALAM-1, BALAM-TB Y EK-A/PERFORACIÓN

Para las plataformas Ek-TA, Ek-TB, Balam-TA, Balam-TB, Balam-1 y Ek-A/Perforación se considerarán válvulas de bloqueo de emergencia (SDV) tipo bola, paso completo, con sellos de acuerdo al fluido a manejar, extremos bridados RTJ clase 600#, las cuales contarán con actuadores neumáticos retorno por resorte y bomba hidráulica manual con transmisión de tipo yugo escocés, diseñados para garantizar una posición segura que a falla de suministro de aire la válvula cierre.

Las válvulas y actuadores serán requeridos a prueba de fuego, diseñadas y certificadas por (**API 6FA**). En caso de falla del suministro principal o por cuestiones de mantenimiento, los actuadores deben contar con un sistema neumático de respaldo (cilindros de nitrógeno o tanque pulmón) para tres ciclos (apertura – cierre = 1 ciclo) de operación; dicho sistema constará de un tablero de pruebas parciales neumático montado en un área segura. El actuador neumático de simple efecto debe considerar instrumentación inalámbrica local como son: el interruptor de posición cerrado, abierto y el de prueba (ZSO, ZSC y ZSP) y el transmisor de posición (ZIT).

Para el aseguramiento de la correcta funcionalidad de las válvulas se deben considerar los tableros de pruebas parciales con protección para ambiente marino corrosivo (NEMA 4X), los cuales contendrán su respectivo dispositivo mecánico para realizar la prueba parcial al 20% de cierre en base a **PEMEX-EST-0204-PEMEX-02-2016**.

Los ductos deberán tener los disparos para la toma de proceso del módulo de control neumático más una toma adicional independiente de ¾" de diámetro para la medición de la presión mediante transmisores de presión inalámbrica con protocolo Wireless Hart incluyendo todos los accesorios necesarios para integrarse a la Interfase Hombre Maquina (IHM) portátil para su monitoreo en la plataforma EK-A/Perforación a través del sistema PI Process.

Para el Sistema de Paro de Emergencia Neumático se deberán de suministrar los módulos de control con las siguientes características:

Los módulos del Sistema de Paro por Emergencia Neumático deberán contar con un diseño pequeño, portátil, con el objeto de que éste se pueda mover en vuelos para fines de mantenimiento (helicópteros).

La caja de los módulos deberá ser de acero inoxidable en lámina calibre 14.

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 34 DE 46 Rev. -

La puerta deberá contar con broches en acero inoxidable, mismo que deben ser tipo mariposa para que sean de fácil operación.

Deberá contar con una puerta que tengan una apertura de 180° y mica transparente para la visualización de los manómetros de las variables.

Deberá contar con los manómetros de indicación para la presión de variables censadas, de suministro y de salida.

Deberá contar en la parte exterior trasera con base para montaje en pedestal de 2.5"Ø.

Todas las conexiones de señales en general de la parte exterior de los Módulos del Sistema de Paro por Emergencia Neumática, deberán tener conectores tipo NPT, esto para evitar que se dañen si son conectores OD al momento de manipularlos y transportarlos.

El modulo deberá de contar con un mecanismo o sistema de bypass para su mantenimiento, de tal manera que no se tenga que candadear la SDV mecánica o hidráulicamente.

Todos los componentes que integran este módulo deberán de contar con certificados de autenticidad del fabricante.

Deberá incluir el manual completo de operación y mantenimiento del equipo, así como su diagrama y procedimiento de mantenimiento.

Los elementos primarios del módulo de control neumático para el Sistema de Paro por Emergencia Neumático deberán de operar con interruptores tipo pistón operados por pilotos. Los cuales deberán contar con una escala de indicación para su calibración, deberán de contar con perillas de ajuste de acero inoxidable cédula 316, un sistema de fijación o candado sencillo en las perilla para poder fijar los puntos de ajuste (disparo) ya sea por baja o alta presión, esto con el objeto de evitar que se modifiquen las presiones de los disparos en éstos, como mecanismo de control.

Se deberá considerar un tablero de control con los arreglos neumáticos o mediante un sistema mecánico para la realización de las pruebas parciales considerando una escala del 20% de apertura.

Se deberán considerar todos los trabajos necesarios para la integración de las señales de control local neumático de las válvulas de bloqueo de emergencia (SDV) y su instrumentación inalámbrica asociada hacia el sistema de monitoreo PI Process y de ser necesario según ingeniería considerar la instalación de Hardware y Software, así como la realización de gráficos del sistema PI Process de tendencias variables en la IHM.

15.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS INSTRUMENTOS

Los instrumentos deben especificarse de acuerdo al servicio, los materiales de las partes del instrumento que estén en contacto con el fluido deben cumplir con la norma **NACE MR0175/ISO 15156** última edición, éstos deben cumplir con la clasificación NEMA 4X, además deben estar certificados por Factory Mutual (FM) o Underwriter Laboratories (UL) para ser usados en áreas clasificadas como Clase I, División 1, Grupos C y D, llevarán impreso en la placa de identificación del instrumento el símbolo o las siglas de la organización certificadora.

Los instrumentos que requieran suministro neumático deberán de ser capaces de operar con aire de instrumentos.

La instrumentación deberá diseñarse, fabricarse y suministrarse de acuerdo a las condiciones de diseño de operación del ducto, indicadas en el punto 2.2.2 de este documento.

15.1.1 Transmisor indicador de presión

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 35 DE 46 Rev. -

Para los transmisores indicadores de presión, se requiere una exactitud en la señal de salida de $\pm 0.075\%$ del span calibrado, la indicación local de la variable de proceso será en forma digital (pantalla de cristal líquido), y deberá contar con protección para operar a intemperie en ambiente húmedo y corrosivo.

Los instrumentos deben permitir realizar funciones de configuración, calibración y diagnóstico local mediante una unidad configuradora portátil. **NOTA:** Esta instrumentación no es requerida, ya que no se va a integrar a ningún instrumento a la UPR del sistema SPPE en Ek-A Perforación.

Los instrumentos de monitoreo de presión en los ductos serán inalámbricos, el suministro eléctrico será mediante una batería de litio con tiempo de vida mínimo de 3 años. Las señales de los instrumentos asociados al SDMC serán vía inalámbrica, utilizando protocolo de comunicación "WIRELESS HART" (Para Ek-TA, Ek-TB, Balam-1, Balam-TA, Balam-TB y Ek-A/Perforación).

15.1.2 Transmisor indicador de temperatura

Los transmisores deben ser de tipo electrónico inteligente con capacidad para transmitir señal de forma inalámbrica con protocolo "WIRELESS HART" (para las plataformas Ek-TA, Ek-TB, Balam-1, Balam-TA, Balam-TB y Ek-A/Perforación). Para los instrumentos inalámbricos, el suministro eléctrico será mediante una batería de litio con tiempo de vida mínimo de 3 años.

El fabricante debe considerar las tarjetas electrónicas con una protección de fábrica contra niveles severos de contaminantes, debiendo considerar la clase G3 (ambiente corrosivo) como la aplicable, incluyendo su certificado correspondiente. En los transmisores de temperatura el elemento sensor deberá ser tipo RTD de platino de 100 ohms, y los materiales del termopozo de inserción debe cumplir con la Norma **NACE MR0175/ISO 15156** última edición. Los termopozos debe ser bridados de $1 \frac{1}{2}" \text{ } \varnothing 600 \# \text{ R.F.}$ La conexión de los elementos de temperatura RTD debe ser de $\frac{1}{2}" \text{ NPT.}$

15.1.3 Instrumentos de medición de presión local (manómetros)

Se efectuará la medición en forma local de la presión, empleando manómetros con elemento sensor tipo bourdón e interiores de Acero Inoxidable 316, capaz de soportar un rango de presión de 1.3 veces de la escala total sin sufrir daño, conexión inferior de $\frac{3}{4}" \text{ NPT.}$ Debe ser de lectura directa, con carátula de $4 \frac{1}{2}"$ de diámetro, color blanca y caracteres negros, escala dual en $\text{Kg/cm}^2\text{-PSIG}$, caja de fenol con bisel roscado para uso rudo, exactitud de $\pm 0.5\%$ Grado 2A de la escala total, cubierta de cristal inastillable y disco de ruptura en la parte posterior. El material del movimiento debe ser de acero inoxidable 316. La presión normal de operación se debe ubicar aproximadamente entre el 50 y 60% de la escala y cubrir los límites máximos y mínimos de la misma y el fluido de llenado será glicerina.

15.1.4 Instrumentos de medición de temperatura local (bimetálico)

Los Indicador locales de Temperatura, debe estar contenidos en una caja en acero Inoxidable carátula de 5", vidrio inastillable. El elemento sensor debe ser tipo bimetálico. El termopozo deberá ser en acero inoxidable 304 bridado de $1 \frac{1}{2}" \text{ } \varnothing 600 \# \text{ R.F.}$, apropiados para las condiciones de operación y resistentes a las propiedades corrosivas y erosivas. Conexión del termómetro bimetálico de $\frac{1}{2}" \text{ NPT}$ y debe cumplir con lo indicado en la estándar **NACE-MR-0175/ISO 15156** última edición para servicio amargo, teniendo una inserción entre 60 a 80% del diámetro total del ducto.

15.1.5 Sistema de comunicación inalámbrica Smart Wireless

El sistema de comunicación inalámbrica Smart Wireless en campo está integrado por: Gateway concentrador de datos en campo de instrumentación inalámbrica Smart Wireless en tiempo real vía radio bajo el estándar y IEEE 802.15.4 para comunicación a host existente en servidor de proceso en la plataforma Ek-A perforación; a través de un sistema LAN de procesamiento de datos utilizando el protocolo estándar ModBus TCP/IP y Ethernet/IP de fácil configuración e integración a la red industrial de PEMEX en el campo Ek- Balam así como con comunicación serial ModBus RTU mediante RS 485 con la instrumentación de campo y comunicación Ethernet compatible con web server, ModBus TCP/IP, Hart-IP y/o PC Gateway certificado clase 1 división 2 y no inflamable según FM. Suministrado con puerto Ethernet 10/100 Baset activo con conector RJ45 con juego de antena remota, cable de 15.2 m (50F) y pararrayos configurado con Ethernet doble instrumentación inalámbrica con protocolo Hart inalámbrico aprobado por IEC con módulo de alimentación intrínsecamente seguro lo que permite realizar remplazos sin quitar el transmisor de proceso.

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 36 DE 46 Rev. -

16.0 LÍNEAS SUBMARINAS

16.1 FILOSOFÍA Y DATOS DE DISEÑO

Los sistemas de tuberías submarinas deberán cumplir con los requerimientos mínimos especificados en la norma de referencia **P.2.0722.03:2015**.

A continuación se indican los requerimientos funcionales que definen la filosofía de diseño, donde las líneas submarinas (colector Sur y Ramales) serán:

- Adecuadas para transportar la mezcla del campo Ek-Balam el cual incluye las plataformas Balam-TB, Balam-TA, Balam-1, Ek-TB, Ek-TA y Ek-A/Perforación.
- Factibles de ser construidas y operar en forma segura;
- Diseñadas para una vida útil de 20 años;
- Diseñadas y construidas cumpliendo con los códigos y normas aplicables, para las condiciones que generen a las tuberías niveles de seguridad altos;
- Diseñadas utilizando: codos de 3 diámetros de radio de curvatura en los arreglos submarinos y de 3 diámetros para los arreglos aéreos;
- Diseñadas con la aplicación de lastre de concreto, considerando tormentas con periodos de retorno de 10 y 100 años, para las condiciones más severas anticipadas, tanto de operación como de instalación, con el objeto de prevenir la flotación y proveer a la tubería de la estabilidad hidrodinámica de acuerdo a la especificación **P.2.0722.03:2015**;
- Elaborar los análisis de flexibilidad para la tubería de proyecto, considerando que la tubería deberá ir enterrada a un metro de profundidad de acuerdo a la especificación **P.2.0722.03:2015**.
- Enterradas de tal manera que la línea quede 100% cubierta de material de relleno para protección en contra de la acción de las tormentas, y asegurar su estabilidad, la capa de protección de suelo sobre la tubería debe ser mínimo de 1.00 m (3.28 pies) de acuerdo a la especificación **P.2.0722.03:2015**;
- Protegidas de la corrosión exterior con la selección de un recubrimiento anticorrosivo adecuado;
- Diseñadas con un sistema de protección catódica;
- El alineamiento será tal que se optimice su trayectoria, evitando obstrucciones que pongan en riesgo su integridad estructural de acuerdo con el estudio geofísico proporcionado.
- Los Ramales en su llegada a las interconexiones submarinas tendrán la flexibilidad operativa de recibir diablos de limpieza e instrumentados en una trampa receptora portátil submarina.
- El diseño debe garantizar la flexibilidad estructural de los 4 ductos del campo Ek-Balam;
- Debido a la temperatura máxima de operación de los ductos del campo Ek-Balam, solo se verificará el fenómeno de pandeo vertical en el ramal de Ek-TA hacia interconexión submarina.

16.2 CARACTERÍSTICAS DEL SUELO MARINO DEL CORREDOR EK-BALAM

DESCRIPCIÓN	VALOR PROMEDIO	
Resistencia al corte sin drenar en la superficie del lecho marino	0.782 Ton/m ²	7.67 kPa

Los datos de las características del suelo marino, se tomaron del Reporte No. 03.24113033-08 Evaluación Ingenieril-Geológica corredor Ek-A a Balam-A, Bahía de Campeche, México, con fecha del 18 de noviembre del 2011 realizado por la compañía Fugro Chance de México S. A. de C. V. y Constructora Subacuática Diavaz S. A. de C.V.

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 37 DE 46 Rev. -

16.3 DATOS OCEANOGRÁFICOS DE DISEÑO PARA TORMENTA

Estos valores serán tomados con base a la profundidad del océano en cada plataforma, aplicando la especificación **P.2.0722.03:2015**.

Temperatura de agua de mar	21 °C
Densidad relativa de agua de mar	1.025

16.4 COEFICIENTES HIDRODINÁMICOS DE LA TUBERÍA

El factor de seguridad horizontal mínimo debe cumplir con lo indicado en la especificación **P.2.0722.03:2015**.

Factor de seguridad horizontal mínimo	FS= ⁴
Período pico de la ola para la Sonda de Campeche y el Litoral Tabasco (10 años)	11.3 seg
Período pico de la ola para la Sonda de Campeche y de Litoral Tabasco (100 años)	13.0 seg
Gravedad específica mínima	1.2

16.5 PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

Los materiales a utilizar en la construcción de las líneas submarinas deberán cumplir con las especificaciones y normas de referencia que se establecen en la siguiente tabla:

MATERIAL	CONCEPTO	ESPECIFICACIÓN	CÓDIGO O ESTÁNDAR
Acero	Tubería con/sin Costura Longitudinal	NRF-001-PEMEX-2013	PEP
Concreto	Lastrado de Tubería	ISO 21809-5 DNV-RP-F-102	ISO/DNV
Recubrimiento anticorrosivo	Zona Atmosférica Zona Submarina	ISO 21809	ISO
Ánodos de aluminio	Protección catódica	NRF-047-PEMEX-2014 ISO 15589-2	PEP/ISO
Acero	Conexiones y Accesorios	ASME/MSS/API	ASME/MSS/API
Camisa Z.M.O.	Zona de mareas y oleaje	-	-

⁴ Ver especificación **P.2.0722.03:2015**

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 38 DE 46 Rev. -

16.5.1 Tubería de Acero

Se utilizará tubería con/sin costura longitudinal, la misma debe cumplir con la norma **NRF-001-PEMEX-2013** "Tubería de Acero para Recolección, Transporte y Distribución de Hidrocarburos".

La tubería no deberá permanecer almacenada durante periodos largo y deberá ser protegida en todo momento del medio ambiente para evitar picaduras en su estructura.

16.5.2 Lastre de concreto

Para el lastre de concreto se deberá considerar lo indicado en la norma **ISO 21809-5** "Petroleum and natural gas industries-External coatings for buried or submerged pipelines used in pipeline transportation systems-Part 5: External concrete coatings".

MATERIALES	CARACTERÍSTICAS
Cemento	Debe ser del tipo especificado en el proyecto y cumplir con ASTM-C150-07 o equivalente.
Arena	Debe cumplir con NMX-C-111-ONNCCE-2017.
Agua	El agua utilizada para elaborar el concreto debe estar limpia y libre de aceite y grasas y cumplir con lo señalado en NMX-C-122-ONNCCE-2004.
Acero de refuerzo	Malla de alambre de acero galvanizado, fabricado de lingote, soldada o trenzada. El acero para fabricación de malla debe cumplir con ASTM-A 641/A 641M-03 o equivalente.
Aditivos para concreto	Los aditivos para concreto deben cumplir con: NMX-C-117-1978, NMX-C-146-ONNCCE-2000, NMX-C-179-1983, NMX-C-199-1986, NMX-C-255-ONNCCE-2006, NMX-C-298-1980, NMX-C-356-1988 y ASTM-C 494/C494M-08A.

NOTAS: Deberá cumplir con la revisión de resistencia al agrietamiento y a la flexión según A.C.I. (American Concrete Institute).

16.5.3 Densidad específica

La densidad específica de la mezcla para formar el lastre debe cumplir con lo indicado en la sección 8.2.2 de la norma **ISO 21809-5** "Petroleum and natural gas industries-External coatings for buried or submerged pipelines used in pipeline transportation systems-Part 5: External concrete coatings". La mezcla a considerar para este proyecto será:

Densidad específica de concreto para lastre	Mortero fabricado con cemento arena pétreo y finos de mineral de hierro, con peso volumétrico mínimo de 3000 Kg/m ³ (187.28 lb/ft ³)
---	---

16.5.4 Ánodos

Los ánodos se deberán fabricar de aluminio, de acuerdo con **ISO 15589-2**.

ELEMENTO	CONTENIDO		UNIDAD
	MÍNIMO	MÁXIMO	
Zinc (Zn)	2.5	5.75	% EN PESO
Indio (In)	0.016	0.040	
Hierro (Fe)	-	0.09	
Silicio (Si)	0.08	0.12	
Cobre (Cu)	-	0.003	
Cadmio (Cd)	-	0.002	
Otros	-	0.02 máx. por cada uno	

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.			521.58-CR-I-002		
CRITERIOS DE DISEÑO			HOJA 39	DE 46	Rev. -

ELEMENTO	CONTENIDO		UNIDAD
	MÍNIMO	MÁXIMO	
Aluminio (Al)	93.795	97.484	

El Aluminio se debe determinar en laboratorio y la suma total de todos los elementos debe ser 100 por ciento.

Nota: Los ánodos de aluminio deben estar libres de Mercurio (Hg).

16.6 PRESIÓN Y TEMPERATURA DE DISEÑO

- Presión: Se considerará una presión de diseño para las líneas submarinas de acuerdo con la tabla 2.2.1 "Condiciones de diseño" las cuales son de acuerdo a las bases de usuario.
- Temperatura: Se considerará una temperatura de diseño para las líneas submarinas de acuerdo con la tabla 2.2.1 "Condiciones de diseño". Estas temperaturas son iguales a la temperatura indicada en las bases de usuario.

La temperatura mínima extrema del agua de mar a considerar en la Sonda de Campeche y para cálculos de diseño como temperatura ambiente del mar, será de 21°C.

16.7 CARGAS DE DISEÑO

Las cargas de diseño se refieren al principio de que el sistema de tuberías deberá ser diseñado, construido y operado de tal manera que los sistemas satisfagan durante su vida útil de diseño lo siguiente:

- La capacidad de transporte bajo las condiciones de operación;
- Mantengan un margen de seguridad razonable en presencia de cargas accidentales o condiciones operativas no programadas que puedan conducir a daños en personas, pérdidas económicas y daños al medio ambiente, conforme a lo establecido por los códigos vigentes.

16.7.1 Tipos de cargas

Dependiendo del tipo, las cargas se clasifican en:

- Cargas funcionales u operacionales. Se refieren a las cargas generadas por la existencia física del sistema de tubería y su utilización. Estas cargas son esenciales para asegurar la integridad del sistema durante sus fases de instalación, construcción y de operación;
- Cargas debidas al medio ambiente. Se definen como las cargas que se aplican a un sistema de tuberías causadas por el medio ambiente en el que estará instalada y/u operando y que no se consideran clasificadas como funcionales, ni como accidentales;
- Cargas durante la fase de construcción. Pueden a su vez dividirse en cargas funcionales y debidas a la acción del medio ambiente, y están comprendidas por las cargas que son necesarias para la construcción e instalación e incluyen las cargas generadas por:
 - El transporte y construcción,
 - Pruebas y arranque,
 - Mantenimiento y reparación.

16.8 FACTORES Y CRITERIOS DE DISEÑO PARA LAS FASES DE CONSTRUCCIÓN Y OPERACIÓN

La combinación de cargas a ser consideradas durante la construcción será aquella que considere la combinación más severa que se pueda presentar durante esta fase.

Los límites de esfuerzo se expresan en términos de los esfuerzos mínimos especificados de fluencia (SMYS) para tubería de acero, indicados en el código **ASME B31.8** y en la especificación **P.2.0722.03:2015**.

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 40 DE 46 Rev. -

16.9 SELECCIÓN DEL ESPESOR DE PARED DE TUBERÍA

El espesor de pared de la tubería requerido por presión interna, por presión externa, por temperatura alta para líneas restringidas, son conforme a los lineamientos establecidos en la especificación **P.2.0722.03:2015**.

Al espesor por presión interna, se le deberán adicionar las tolerancias por corrosión y fabricación, siguiendo los valores marcados en la especificación **P.2.0722.03:2015** y llevando estos espesores al consecutivo mayor comercial; mientras que al espesor por presión externa solo se le incrementarán las tolerancias por fabricación.

El Módulo de elasticidad deberá degradarse de acuerdo a la temperatura de diseño de como se indica en la especificación **P.2.0722.03:2015**.

Del resultado de los cálculos previamente mencionados se seleccionará el mayor espesor.

16.10 DEFINICIÓN DE ZONAS (DUCTOS ASCENDENTES, ABRAZADERAS DE DUCTOS ASCENDENTES, CURVAS DE EXPANSIÓN, LÍNEA REGULAR Y CRUCES DE LÍNEAS EXISTENTES)

Para efectos de zonificación para el diseño, se utilizará lo definido por la especificación **P.2.0722.03:2015**.

• DUCTOS ASCENDENTES

El acero seleccionado para la fabricación de los ductos ascendentes deberá cumplir con las especificaciones y normas del proyecto. Las características físico-químicas deberán proporcionar la resistencia mecánica y a la corrosión, ductilidad y tenacidad deseada, conforme a la norma **NRF-001-PEMEX-2013**.

El ducto ascendente se sujetará a la pierna de la plataforma a través de abrazaderas del tipo fijo (ANCLA) y guiado (GUÍA).

• ABRAZADERAS DE DUCTO ASCENDENTE

Se realizará el análisis de efecto de vibración sobre la tubería por formación de vórtices debido a la corriente del mar y al paso de la ola. El diseño evaluará la frecuencia fundamental del tubo entre las abrazaderas de forma tal que no sea igual a la frecuencia de excitación generada por los vórtices que produce debido a la corriente del mar y al paso de la ola.

El análisis que se llevará a cabo para determinar la máxima longitud a la que se pueden colocar las abrazaderas y deberá cumplir con lo indicado en la sección correspondiente de la especificación **P.2.0722.03:2015**.

• CURVAS DE EXPANSIÓN

La expansión a la que estará sujeta la curva, se analizará para asegurar que no se pone en riesgo ningún área de interconexión, ya sea con el ducto ascendente, con piezas de interconexión submarina o con la unión con la línea regular.

Los factores que afectan el movimiento de la línea en los extremos son:

- Cambios de temperatura;
- Presión interna;
- Presión hidrostática;
- Peso sumergido de la tubería, incluyendo todos los recubrimientos que tenga y su contenido;
- La fricción del suelo;
- Corrientes marinas;

El acoplamiento de los ductos ascendentes con las curvas de expansión en todas las plataformas involucradas en el campo Ek-Balam, considera un juego de bridas, una brida de cuello soldable (WN) del

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 41 DE 46 Rev. -

lado de la curva de expansión y una brida de anillo giratorio (SRF) del lado del ducto ascendente respectivamente, ambas tipo RTJ.

- LÍNEA REGULAR

El acoplamiento de la línea regular con las curvas de expansión en las plataformas Balam-1, Balam-TB, Balam-TA, Ek-TB, Ek-TA y Ek-A/Perforación será mediante unión bridada.

- CRUCES DE LÍNEAS EXISTENTES

En forma general para el colector Sur se tienen 5 cruzamientos con líneas existentes, de los cuales 1 será con pieza puente, para los Ramales de Balam-TA y Ek-TA se tiene 1 cruce con líneas existentes para cada uno; para realizarlos se aplicarán los siguientes criterios:

- En los cruces con tuberías que tengan 10 años o más, No deberá dragarse el suelo subyacente para bajarlas de su posición actual para permitir su cruce. Por lo que se efectuará el cruce elevando de la línea de proyecto hasta lograr la separación de 1.00 m indicado por norma. En caso de que la línea existente se baje mediante dragado se deberá contar con un estudio de análisis de integridad de acuerdo a lo indicado en la **ISO 13623:2017**.
- Se utilizarán matrices de concreto para acolchonamiento y protección del cruce. La línea de proyecto será lastrada, asegurándose de que cumpla con la estabilidad adecuada para resistir condiciones de tormenta de 100 años (tubería expuesta y llena).

16.11 ESTABILIDAD HIDRODINÁMICA DE TUBERÍA EN EL FONDO MARINO

El diseño de estabilidad de la tubería cumplirá con lo indicado en la especificación **P.2.0722.03:2015**.

El propósito del análisis de estabilidad es el de verificar el peso de la tubería sumergida cumpliendo con los siguientes criterios:

- Prevenir movimientos horizontales y verticales de la línea provocados por oleaje y corriente.
- Asegurar que cualquier posible movimiento esté limitado por la rigidez de la tubería y en caso de presentarse cualquier movimiento, este sea controlado.
- La densidad específica del lastre de concreto será de 3000 kg/m³ (187.28 lb/ft³), mortero fabricado con cemento, arena pétreo y finos de mineral de hierro y sus características deberán cumplir con lo indicado en la **ISO 21809-5**.

- CRITERIO PARA ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

El peso de la tubería sumergida debe ser idóneo para asegurar la estabilidad sobre el fondo del mar.

Se utilizará el análisis propuesto por AGA en su nivel 2 y siguiendo los lineamientos marcados por la especificación **P.2.0722.03:2015**.

El menor de los dos factores de seguridad de estabilidad (horizontal) deberá ser mayor o igual al factor de estabilidad indicado en la especificación **P.2.0722.03:2015**, en una velocidad de corriente de fondo U1/100 asociada a la altura de ola significativa para un período de tormenta de 4 hrs., y una velocidad de corriente de fondo U1/1000 asociada a la altura de ola significativa para un período de tormenta de 3 hrs.

El nivel 2 propuesto por AGA, se basa en el estado del arte de la formulación de fuerzas en la interacción suelo tubo desde el punto de vista hidrodinámico y los resultados ofrecen un alto nivel de confiabilidad.

La resistencia del suelo al esfuerzo cortante sin drenar se considerará bajo los siguientes valores:

La tubería será instalada sobre el lecho marino, con resistencia al esfuerzo cortante $S_u = 0.782 \text{ Ton/m}^2$ (7.67 kPa). Los datos de las características del suelo marino, se tomaron del Reporte No. 03.24113033-08 Evaluación Ingenieril-Geológica corredor Ek-A a Balam-A, Bahía de Campeche, México, con fecha del 18 de noviembre del 2011 realizado por la compañía Fugro Chance de México S. A. de C. V. y Constructora Subacuática Diavaz S. A. de C. V.

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 42 DE 46 Rev. -

16.12 CRITERIO DE ESFUERZOS

El diseño se basará en anticipar los posibles modos de falla estructural del sistema de tuberías.

El análisis se basará en los principios de estática, dinámica, resistencia de materiales y de mecánica de suelos aceptados por la industria y que se encuentren de acuerdo con las indicaciones de los códigos aplicables.

Se tomarán en cuenta todas las cargas y deformaciones que puedan influir en la integridad del sistema. Así mismo se examinará cada elemento o parte del sistema para cada tipo de falla que se pueda presentar.

16.13 DISEÑO CON ESFUERZOS PERMISIBLES

Para la línea submarina, los factores de diseño estarán de acuerdo con el **ASME B31.8** "Gas Transmission and Distribution Piping Systems" los cuales presentan las combinaciones de esfuerzos críticas, así como con los factores indicados en la especificación **P.2.0722.03:2015**.

16.14 PROTECCIÓN A LA TUBERÍA

La tubería no estará diseñada para recibir golpes de objetos específicos. Las medidas de mitigación consideradas se dividen en dos y se refieren a la zona en la que se encuentra clasificada la tubería.

- Zona A, en términos generales, la tubería se encontrará protegida por el recubrimiento de lastre de concreto y colocada dentro de una zanja.
- Zona B, en esta zona y debido a que se está considerando que la tubería por razones operativas deberá encontrarse sobre el lecho marino, por lo que solo se encontrará protegida por el recubrimiento de lastre de concreto.

En caso de que se considere necesario se propondrán medidas de protección específicas.

16.15 DISEÑO DE PROTECCIÓN CATÓDICA

El diseño del sistema de protección catódica estará basado a los siguientes parámetros de diseño:

Vida útil del sistema	20 años	
Densidad de corriente a condición media para una temperatura de operación de: Colector Sur 80°C Ramal Balam-TA 75°C Ramal Ek-TB 75°C Ramal Ek-TA 97°C Ducto Balam-1 hacia Balam-TA 89°C	Enterrado en lecho marino 0.03 A/m ²	Sumergido en agua de mar 0.07 A/m ²
Temperatura de agua de mar	21 °C	
Tipo ánodo	Brazaletes	
Factor utilización del ánodo ⁽⁵⁾	Los ánodos de brazaletes tipo medias cañas, deben diseñarse de manera que se logre un factor de utilización (u) de por lo menos 0.80 y los ánodos de brazaletes tipo segmentado su factor debe ser al menos de 0.75.	
Resistividad del agua de mar	17 Ω-cm	
Resistividad del lodo marino	0.35 Ω-cm	
Resistividad del lodo marino	0.35 Ω-cm	

También se deberá considerar que:

⁽⁵⁾ Estos valores están basados en la norma **NRF-047-PEMEX-2014**

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 43 DE 46 Rev. -

- El diseño de la protección catódica estará en función de la máxima temperatura de operación esperada en el sistema y asegurando continuidad eléctrica del mismo a lo largo de la tubería submarina y hasta la junta aislante Monoblock, en todas las plataformas.
- La densidad de corriente demandada por el sistema se evaluará en función de la temperatura de diseño.
- La separación de los ánodos estará en función de la vida útil del sistema y se espaciarán en múltiplos de 12.192 m (40 pies) y se instalarán según se indique en los planos del proyecto. El máximo espaciamiento permitido será de 200 m (656 pies).
- Se deberá realizar un certificado de calidad considerando la temperatura de diseño, para conocer la eficiencia y la capacidad electroquímica del ánodo a dicha temperatura.
- La resistencia del ánodo se evaluará de acuerdo con la norma **NRF-047-PEMEX-2014**.

Los ánodos se instalarán de acuerdo a las normas **NRF-047-PEMEX-2014** e **ISO 21809-5**.

16.16 AISLAMIENTO ELÉCTRICO (JUNTA AISLANTE MONOBLOCK)

Se considera aislar eléctricamente el ducto de cualquier otro tipo de estructura metálica, con la finalidad de evitar fugas de corriente de protección para lo cual se utilizará una junta aislante en las plataformas Balam-TB, Balam-TA, Balam-1, Ek-TB, Ek-TA y Ek-A/Perforación, la cual debe situarse en forma vertical por arriba de la abrazadera ancla.

Si el espacio no lo permite, se colocará en forma horizontal, tomando las precauciones de tener un aislamiento eléctrico con la plataforma, utilizando para ello materiales aislantes como placas de neopreno. Se debe dar cumplimiento a la **ASME VIII Division 1 Appendix 2** y verificar las hojas de especificación, poniendo énfasis en los tiempos de curado del material y del almacenamiento de las resinas.

Se recomienda que durante la elaboración del sello, se verifique que el endulzamiento de los componentes esté completo y que las resinas utilizadas no estén degradadas, para lo cual se debe contar con información documental de dicha verificación.

La junta aislante a instalar deberá cumplir con lo indicado en la **ASME VIII Division 1 Appendix 2**.

16.17 SISTEMAS DE PROTECCIÓN ANTICORROSIVA

Las líneas submarinas se dividirán en tres zonas para efectos de la protección anticorrosiva:

Zona atmosférica. Se extiende a partir de la zona de mareas y oleaje hasta la cubierta (trampa de diablos). Se aplicará el recubrimiento de acuerdo al código **ISO 21809** Petroleum And Natural Gas Industries - External Coatings For Buried Or Submerged Pipelines Used In Pipeline Transportation Systems.

Zona de mareas. Es la que está expuesta a daños mecánicos constantes, por lo que será protegida por una camisa envolvente, sellada mediante soldadura en su conexión con el ducto ascendente, el espacio anular se rellenará con material termoaislante, que mantenga (en operación) la temperatura externa igual a la temperatura ambiente. La camisa protegerá el ducto 3 m por debajo y 4 m por arriba del nivel medio de bajamar de acuerdo al código **ISO 21809** Petroleum And Natural Gas Industries - External Coatings For Buried Or Submerged Pipelines Used In Pipeline Transportation Systems.

Zona sumergida. Se extiende por debajo de la zona de mareas y oleaje e incluye todo el sistema sumergido y en donde se combinan la protección anticorrosiva con la protección catódica. El recubrimiento anticorrosivo a utilizarse será adecuado para inmersión en agua y deberá soportar los requerimientos de la temperatura de diseño, sin deterioro de sus propiedades físicas y químicas, considerando una eficiencia mínima del 98% para una vida útil de 20 años de acuerdo al código **ISO 21809** Petroleum And Natural Gas Industries - External Coatings For Buried Or Submerged Pipelines Used In Pipeline Transportation Systems.

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 44 DE 46 Rev. -

16.18 FLEXIBILIDAD

El objetivo del análisis de flexibilidad (de esfuerzos) de tuberías es proporcionar la confiabilidad en la operación los arreglos de tuberías cuando sean sometidas a cargas permanentes, de operación y ocasionales (sismo y viento), evitando posibles fallas en el material empleado en la construcción, mediante un arreglo óptimo para disipar deformaciones dentro del margen de esfuerzos permisibles conforme a los códigos **ASME B31.8** "Gas Transmission and Distribution Piping Systems".

Los análisis de esfuerzos de las líneas de cuello de ganso que se realizarán para este proyecto serán del tipo estructural estático. Estos análisis comprenderán únicamente las condiciones impuestas por las cargas de presión interna, temperatura, cargas muertas, cargas vivas, cargas térmicas y cargas externas ocasionadas por la acción del viento y sismo, sobre dichas líneas.

16.19 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Presión de diseño.- Se considera la presión para cada componente del sistema de tubería arriba en un 10% de la presión máxima en operación durante las condiciones más severas de servicio.

Temperatura de diseño.- La temperatura de diseño para cada componente del sistema de tubería es la temperatura máxima de operación.

Fuerzas o cargas de diseño.- En el sistema de tuberías actúan diferentes cargas o sollicitaciones, estas cargas son producidas por una serie de factores, los cuales se mencionan a continuación:

- Cargas muertas.- Estas cargas se encuentran presentes en forma permanente, incluyen el peso propio de toda la tubería y de los accesorios.
- Cargas vivas.- Estas cargas incluyen el peso propio del fluido transportado o el medio empleado para la prueba hidrostática.
- Cargas térmicas.- Estas cargas son las producidas por el efecto de la temperatura.
- Cargas por viento.- Se considera el efecto de la carga del viento sobre un sistema de tubería expuesto a éste.
- Cargas por sismo.- Se considera el efecto de la excitación del suelo sobre un sistema de tubería expuesto al movimiento de éste.

16.20 DATOS DE DISEÑO

Para sistemas de tubería sobre las cubiertas en las plataformas: Balam-TB, Ek-A/Perf., Balam-TA, Balam-1, Ek-TB y Ek-TA se utilizarán los siguientes parámetros (Valores obtenidos de la base de Usuario):

- Temperatura media anual 26.7°C
- Factor de fricción acero con acero 0.3
- Coeficiente de expansión Térmica 11.7×10^{-6} mm/mm/°C
- Módulo de elasticidad 2.02×10^6 kg/cm²
- Relación de Poisson 0.3
- Presión y Temperatura de Diseño: Las indicadas en los isométricos de tuberías.

Conforme a las bases de usuario, la velocidad del viento es de 240 km/h en condiciones de huracán.

16.21 CARGAS DE DISEÑO

Los esfuerzos considerados, serán para las siguientes condiciones:

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 45 DE 46 Rev. -

- | | | |
|----|--------------------|---|
| e) | Presión interna | (Presión de diseño). |
| f) | Cargas sostenidas | (Gravitacionales + Presión máxima) |
| g) | Cargas ocasionales | (Cargas sostenidas + Viento o sismo) |
| h) | Expansión Térmica | (Expansión o contracción térmica por el gradiente térmico). |

Cargas sostenidas.

Estas cargas se encuentran presentes en forma permanente, incluyen el peso propio de toda la tubería y del fluido transportado y de los accesorios y la presión de diseño. No se considera la presión externa.

Cargas Ocasionales.

Estas cargas incluyen las cargas sostenidas más las cargas accidentales, sin considerar la acción de la fricción.

Cargas Térmicas.

Estas son las generadas por la acción empujes y momentos producidos en la tubería ocasionados por expansiones o contracciones térmicas debido a la temperatura del fluido transportado y al gradiente de temperatura entre la temperatura del fluido y el medio ambiente (temperatura mínima extrema).

16.22 SOFTWARE DE ANÁLISIS

Para la ejecución de cálculos por computadora se empleará el software AUTOPIPE versión V8i.

16.23 SOPORTERÍA

El diseño y localización de los soportes se basa en los análisis de flexibilidad de la tubería sobre cubierta en las plataformas: Balam-TB, Ek-A/Perf., Balam-TA, Balam-1, Ek-TB y Ek-TA con base en las cargas transmitidas hacia ellos, estas cargas incluyen las debidas al peso propio del sistema de tuberías, peso del fluido, las inducidas por efecto de la presión y temperatura de diseño, viento, sismo y las condiciones de la prueba hidrostática; de estas diferentes condiciones se obtienen las cargas máximas que se aplicarán en los soportes cumpliendo con los lineamientos de la norma **MSS SP-58** "Pipe Hangers and Supports Materials, Design and Manufacture", y al "Manual de Construcción en Acero" (IMCA).

La localización de los soportes depende del tamaño de la tubería, configuración de la misma, localización de las válvulas y accesorios, y de la estructura disponible para el soporte de tuberías

La separación máxima entre soportes será conforme a lo indicado en la norma **MSS SP-69** "Pipe Hangers and Supports – Selection and Application", última edición.

En caso que se presenten cargas concentradas, los soportes serán puestos tan cerca como sea posible a la carga, con la intención de mantener el esfuerzo flexionante al mínimo. Los soportes serán colocados inmediatamente después de cualquier cambio de dirección en la tubería. Para válvulas de 18"Ø y mayores serán instalados soportes en la base de las válvulas que les permita cargar el peso de está y evitar fugas en las uniones bridadas.

El acero estructural utilizado en el diseño de soportes será el siguiente:

ASTM A36 con $F_y=2530 \text{ kg/cm}^2$ para perfiles y placa.

ASTM A53 Grado B con $F_y=2406 \text{ kg/cm}^2$ para tubos circulares.

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 46 DE 46 Rev. -

Los soportes de acero estructural se diseñarán conforme a las normas **MSS SP-58** "Pipe Hangers and Supports Materials, Design and Manufacture" y al "Manual de Construcción en Acero" (IMCA).

La ejecución y reparación de todas las soldaduras de campo y taller deberán hacerse como se especifica en las normas AWS.

Todas las tuberías de 3"Ø y mayores deberán llevar zapata con placa de refuerzo, en los puntos de apoyo, la cual deberá soldarse perimetralmente a la tubería, a menos de que se indique otra cosa en el isométrico de soportería de tuberías.

La soportería para la tubería de cuello de ganso sobre cubierta de 20"Ø en las plataformas Balam-TB y Ek-A/Perf. y de 8"Ø en las plataformas Balam-TA, Balam-1, Ek-TB y Ek-TA será de tipo "U" y con zapata soldada al cuerpo de la tubería.

Los anclajes, guías, paros y soportes deslizantes serán localizados y diseñados única y exclusivamente en base a los análisis de esfuerzos efectuados al sistema de tuberías donde se ubiquen.

Se deberá asegurar que las soldaduras longitudinales y transversales de la tubería queden separados como mínimo cuatro pulgadas de las placas de distribución de carga de los diferentes tipos de soportes.

La localización e identificación de soportes de las líneas se indicarán en los isométricos de tuberías y en los planos de localización de soportes se mostrarán los detalles de éstos.

Los soportes típicos son aquellos cuyo uso común y frecuente hace que se estandarice su diseño. Se editarán planos de detalles de los mismos.

17.0 **NORMAS, CÓDIGOS Y CRITERIOS**

17.1 **NORMAS OFICIALES MEXICANAS (NOM)**

SEDE	
NOM-001-SEDE-2012	Norma Oficial Mexicana. Instalaciones Eléctricas Utilización.
STPS	
NOM-001-STPS-2008	Edificios, locales, instalaciones y áreas en los centros de trabajo- condiciones de seguridad.
NOM-002-STPS-2010	Condiciones de seguridad-prevención y protección contra incendios en los centros de trabajo.
NOM-010-STPS-2014	Condiciones de seguridad e higiene en los centros de donde se manejen, transporten, procesen o almacenen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.
NOM-025-STPS-2008	Condiciones de iluminación en los Centros de Trabajo.
NOM-026-STPS-2008	Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.
NOM-028-STPS-2012	Sistemas para la administración del trabajo-seguridad en procesos y equipos críticos que manejen sustancias químicas peligrosas.

17.2 **NORMAS MEXICANAS (NMX)**

NMX-C-299-ONNCCE-2010	Industria de la construcción – concreto hidráulico estructural – agregados ligeros – especificaciones y métodos de ensayo.
NMX-C-111-ONNCCE-2017	Industria de la construcción – agregados para concreto hidráulico – especificaciones y métodos de ensayo.
NMX-C-122-ONNCCE-2004	Industria de la construcción – agua para concreto – especificaciones.

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 47 DE 46 Rev. -

NMX-C-414-ONNCCE-2017	Industria de la construcción – cementantes hidráulicos – especificaciones y métodos de ensayo
NMX-J-534-ANCE-2008	Tubos (conduit) de acero tipo pesado para protección de conductores eléctricos y sus accesorios – especificaciones y métodos de prueba.

17.3 **NORMAS DE REFERENCIA PEMEX**

NRF-001-PEMEX-2013	Tubería de acero para recolección, transporte y distribución de hidrocarburos.
NRF-014-PEMEX-2013	Inspección, evaluación y mantenimiento de ductos submarinos.
NRF-018-PEMEX-2014	Análisis de riesgo.
NRF-047-PEMEX-2014	Diseño, instalación y mantenimiento de los sistemas de protección catódica.
NRF-156-PEMEX-2014	Juntas y empaque.
NRF-175-PEMEX-2013	Acero estructural para plataformas marinas
NRF-177-PEMEX-2014	Sistemas de protección del ducto ascendente en la zona de mareas y oleaje.
NRF-195-PEMEX-2014	Construcción de estructuras de acero.
NRF-295-PEMEX-2013	Sistemas de recubrimientos anticorrosivos para instalaciones superficiales de plataformas marinas de PEMEX Exploración y Producción.
NRF-296-PEMEX-2013	Embalaje y marcado de equipo y materiales para su transporte a las instalaciones terrestres y costa afuera.
ESPECIFICACIONES DE PEMEX	
P.1.0000.06	Estructuración de Planos y Documentos Técnicos de Ingeniería
P.2.0000.03	Automatización de las Instalaciones de Proceso
P.2.0131.06:2015	Diseño de accesorios estructurales para plataformas marinas.
P.2.0161.03:2015	Estudios geofísicos y geotécnicos para la instalación de plataformas marinas y líneas submarinas.
P.2.0203.01:2015	Clasificación de áreas peligrosas y selección de equipo eléctrico.
P.2.0401.01	Simbología de equipo de proceso.
P.2.0451.01	Instrumentos y dispositivos de control.
P.2.0602.02:2015	Desplegados gráficos y base de datos para el sdmc de procesos.
P.2.0711.01:2015	Trampas de diablos en plataformas marinas.
P.2.0721.04	Sistemas de protección anticorrosiva del ducto ascendente en la zona de mareas y oleaje para temperatura alta.
P.2.0722.03:2015	Diseño de ductos submarinos en el golfo de México.
P.4.0131.01:2015	Soldadura en acero estructural para plataformas marinas.
PEMEX-EST-0204/02-2016	Válvulas de Paro por Emergencia y Válvulas de Bloqueo de Emergencia (Válvulas de Aislamiento de Activación Remota
PEMEX-EST-0211/02-2017	Válvulas de para sistema de recolección, transporte y distribución por ductos

17.4 **NORMAS INTERNACIONALES**

IEC	
IEC 61508	Estándar Seguridad Funcional: Sistemas De Seguridad (Functional Safety: Safety Related Systems, Iec Standard 61508, 2000)
IEC 61131-3	Controladores Programables 1994, Parte 3, Lenguajes De Programación (Iec 61131-3 Programmable Controllers 1994, Part 2)

17.5 **NORMAS EXTRANJERAS**

API (American Petroleum Institute)	
API Specification 6FA-2008	"Specification for fire test for valves" (Especificación para prueba

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 48 DE 46 Rev. -

	contra incendio en válvulas)
API Specification 6D-2008	"Specification for Pipelines valves" (Especificación de válvulas para tuberías)
API SPEC 6D	Especificación de válvulas de acero para tubería de línea (Compuerta, macho, bola y retención).
API SPEC 6FA	Especificación de válvulas de acero a prueba de fuego.
API SPEC 5L	Specification for Line Pipe.
API RP 2A	Recommended Practice for Planning, Design and Construction Fixed Offshore Platforms – Working Stress Design.
API RP 2A, 21TH Ed	Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms – Working Stress Design, American Petroleum Institute.
API RP.14E	Prácticas recomendadas para el diseño de sistemas de tuberías en plataformas costa fuera
API-RP-14G	Recommended practice for fire prevention and control on fixed open-type offshore production platforms, fourth edition.
API-RP-14J	Recommended practice for design and hazards analysis for offshore production facilities.
API-RP-14F-2008.	Recommended Practice for Design, Installation and Maintenance of Electrical , Systems for Fixed and Floating Offshore Petroleum Facilities for Unclassified And Class I, Division 1 and Division 2 Locations.
API-RP-500	Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities Classified as Class I, Division 1 and Division 2, 3rd edition.
API RP 551-1993	"Process Measurement Instrumentation" (Instrumentación para medición proceso)
API STD 602	"Compact steel gate valves flanged, threaded, welding and extended body end."
ASME (American Society of Mechanical Engineers)	
ASME B16.5	Bridas y accesorios bridados de acero para tuberías.
ASME B16.9	Accesorios de acero soldable.
ASME B16.11	Accesorios forjados, inserto soldable y roscados.
ASME B16.20	Empaques metálicos para bridas de tuberías.
ASME B16.21	Empaques no metálicos para bridas para tubería.
ASME B16.34	"Valves-flanged, threaded and welding end" (Válvulas bridadas, terminación roscada y soldada).
ASME B31.3	"Process piping" (Tubería de proceso)
ASME B31.8	"Gas transmission and distribution piping systems" (Sistemas de tubería de transmisión y distribución de gas).
ASME B36.10	Tubería de acero con y sin costura.
ASME B40	"Thermometers, Direct Reading and Remote Reading" (Termómetros, lectura directa y lectura remota).
ASME - Section VIII Division 1	Rules for construction of Pressure Vessels (Reglas para construcción de recipientes a presión)
ASTM	
ASTM A 36	Specification for structural steel.
ASTM A 53	Standard Specification for Pipe, Steel, Black and Hot- Dipped, Zinc-Coated, Welded and Seamless.
ASTM A 105	Especificación estándar para componentes de tubería de acero al carbón forjado.
ASTM A 106	Standard Specification for Seamless Carbon Steel Pipe for High – Temperature Service.
ASTM A 193	Materiales para espárragos de acero de aleación e inoxidable para servicio de alta temperatura.

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.	521.58-CR-I-002
CRITERIOS DE DISEÑO	HOJA 49 DE 46 Rev. -

ASTM A 194	Materiales para tuercas de acero al carbón y acero de aleación para servicios de alta presión y alta temperatura.
ASTM A 234	Especificación estándar para accesorios de acero al carbón forjados y aleaciones de acero en servicio con temperaturas moderada y alta.
ASTM A 370	Especificación estándar para pruebas mecánicas de productos de acero.

17.6 OTRAS NORMAS

NECE 70	National Electrical Code
Manual de Diseño de Obras Civiles: Capítulo 4	Diseño por Viento; edición del 2008.
NACE MR 0175	Standard Material Requirements. Sulfide Stress Cracking Resistant Metallic Materials for Oilfield Equipment.
ISO 3183	Petroleum and natural gas industries-Steel pipe for pipeline transportation systems.
ISO-10418	Petroleum and natural gas industries offshore production installations, basic surface process safety systems.
ISO 10497	Prueba de Válvulas –Requerimientos de Prueba Tipo Fuego.
ISO 15156	(Industrias del petróleo y gas natural – Materiales para que se utilicen en ambientes que contengan H ₂ S en la producción de crudo y gas – Parte 1: Principios generales para la selección de materiales resistentes al agrietamiento – Parte 2: Aceros al carbono y de baja aleación resistentes al agrietamiento – Parte 3: Aleaciones resistentes a la corrosión (ARC) resistentes al agrietamiento y otras aleaciones).
ISO-13702	Petroleum and natural gas industries—control and mitigation of fires and explosions on offshore production installations—Requirements and guidelines.
ISO 21809-5	Lastre de concreto para tuberías de conducción.
ISO 13623:2000	“Petroleum and natural gas industries- pipeline transportation system” (Industrias del petróleo y gas natural – sistemas de líneas de transporte)
ISO 7268:1998	“Pipe components – Definition of nominal pressure” (Componentes de tubo-definición de presión nominal).
MSS SP-44	Steel pipeline flanges.
MSS SP-58	Pipe Hangers and Supports – Material Design and Manufacture.
MSS SP-69	Pipe Hangers and Supports – Selection and Application.
MSS SP-75	Specification for high-test, wrought, butt-welding fittings.
NFPA 15	Standard for water-spray fixed systems for fire protection, 2012 edition
NFPA 70	National Electric Code ed. 2014
NFPA 72	National fire alarm and signaling code ed. 2013
NFPA 101	Life safety code, 2012 edition
NFPA 170	Standard for fire safety and emergency symbols 2015 edition
AISC-ASD, 13TH Ed.	Manual of Steel Construction - Allowable Stress Design, American Institute of Steel Construction Inc.
IMCA 4ta Ed.	Manual de Construcción en Acero – Diseño por Esfuerzos Permisibles, Instituto Mexicano de la Construcción en Acero, A. C.
AWS D1.1/01.1 M: 2010	American Welding Society,
DNV-RP-F110	Global buckling of submarine pipelines.
NEMA	National Electrical Manufacturers Association
ANSI	American National Standard Institute
IEEE	Institute of Electrical and Electronic Engineers

CPI INGENIERÍA Y ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS S.A. DE C.V./ SACMAG DE MÉXICO S.A. DE C.V.				521.58-CR-I-002	
CRITERIOS DE DISEÑO				HOJA 50 DE 46	Rev. -

18.0 REFERENCIAS

REFERENCIAS		DESCRIPCIÓN
1	Bases de Usuario, Rev. 0 (octubre 2013)	Sistema de ductos para el transporte de la producción de hidrocarburos y gas de Bombeo Neumático del campo Ek-Balam.
2	Reporte final No. 03.24113033-08 (noviembre 2011)	Evaluación Ingenieril-Geológica - corredor Ek-A a Balam-A – Bahía de Campeche, México.
3	Correo electrónico (21-mayo-2018)	Condiciones de operación para la nueva red de ductos, en base al perfil de producción POT-II-2018, Proporcionados por Diseño de instalaciones Ek-Balam