

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA DE POSGRADO

DIPLOMADO EN GEOTERMIA PARA AMÉRICA LATINA  
EDICION 2018



TEMA:

Manual de Estandarización de Instalaciones Superficiales de una  
Estación de Separación de Vapor en Campos Geotérmicos

PRESENTAN:

Rafael Enrique Carballo Membreño

Vicente Paul Jacobo Galván

Fredy Samuel Solórzano Herrera

ASESOR:

Ing. José Luis Henríquez

Ciudad Universitaria, 3 de diciembre de 2018

## RESUMEN

Alrededor del mundo los campos geotérmicos han estado en crecimiento constante, dentro de estos, el desarrollo de la tecnología de perforación, sistemas de separación, sistemas de conducción y los sistemas de plantas han estado en constante cambio mejorando la eficiencia en todos los ámbitos.

En la actualidad, encontramos literatura relacionada a los procesos de equipos de perforación y plantas geotérmicas, pero sin embargo dentro de este proceso tenemos algunos sistemas relevantes para el aprovechamiento de este recurso como lo son los sistemas de plataformas de producción y separación, sistemas de conducción (tuberías) y sistemas de separación, donde encontramos escasa información de ello.

El presente proyecto se realizó con las investigaciones correspondientes para poder de alguna manera resumir y poder orientar sobre estos sistemas, que son fundamentales en la explotación geotérmica y la extracción del vapor.

Dentro de este documento encontraremos los tipos de plataformas utilizadas dentro del ámbito geotérmico, las cuales nos permiten poder dimensionar y especificar las cuestiones civiles, arquitectónicas y obras para su construcción. Así como los parámetros de diseño de las tuberías para uso geotérmico, normas aplicables, materiales y metodologías esenciales para su construcción. También de manera relevante se realizó una investigación a nivel global de los tipos de separadores utilizados, cuáles son sus ventajas y desventajas, medios de selección, métodos de cálculo, métodos de certificación, normas referentes, materiales y los sistemas diferentes de medios de conducción por mencionar algunos de ellos como separación sencilla, separación doble, separación con mezcladucto y líneas de mezcla.

Al finalizar todas las investigaciones relacionadas, establecidos los métodos, normas de referencia, metodología de diseño, se hace entrega de una propuesta de un sistema de separación (Isla) la cual contiene equipos como separadores, vaporductos, colectores, líneas de agua separada, silenciadores atmosféricos, silenciadores muffler y salidas de agua geotérmica, la cual tiene una capacidad de 1400 t/hr de flujo bifásico para un potencial 140 Mwe netos, contenidos en ese sistema de separación.

## CONTENIDO

Introducción .....	6
Planteamiento del problema .....	6
Justificación del estudio .....	6
Objetivos (objetivo general y objetivos específicos).....	7
Metodología .....	7
1.0 Marco teórico .....	8
1.1. Plataformas de perforación de pozos .....	8
1.2. Sistemas de separación de vapor .....	12
1.3. Separador vertical Webre, con reciclaje .....	14
1.3.1. Horizontal .....	15
1.3.2. Ventajas y desventajas de los equipos de separación .....	15
1.3.3. Dimensionamiento de equipos de separación vertical .....	16
1.4. Esfuerzos en cascos cilíndricos [3].....	17
1.5. Presión interna [3] .....	18
1.5.1. Presión de Operación.....	18
1.5.2. Presión de Diseño .....	18
1.5.3. Máxima presión permitida de operación.....	19
1.5.4. Presión de la prueba hidrostática .....	19
1.5.5. Valores del esfuerzo máximo permitido .....	19
1.5.6. Eficiencia de las juntas .....	20
1.6. Fundamento teórico [3].....	20
1.6.1. Casco Cilíndrico (Costura Longitudinal) .....	21
1.6.2. Cabeza ASME Bridada y Alabeada (Cabeza Torisferica) .....	21
1.6.3. Cabeza Elipsoidal 2:1 (ver Figura No. 04).....	22
2.0. Descripción del proyecto de certificación de separadores, actividades y aportaciones realizadas [6] ...	23
2.1. Cálculo para Tapas Elipsoidales .....	24
2.2. Resultados Obtenidos en Separador .....	24
3.0. Distribuciones o metodologías de sistemas de separación a nivel global.....	27
3.1. Separación Sencilla .....	27
3.2 Separación Sencilla y Línea de Agua Separada .....	28
3.3 Doble separación.....	28
3.4 Separación Sencilla y Sitió de Separación .....	29
3.5. Línea de Mezcla corta (Pozos Gemelos).....	29
3.6. Mezclaductos y Plataformas Auxiliares .....	30
3.7. Mezclaductos e Islas de Separación .....	31
3.8 Línea de Mezcla (Larga).....	31
4.0 INVESTIGACIÓN Y CÁLCULOS .....	32
4.1. Investigación sobre separadores tipo webre [2] .....	32

4.2. Dimensionamiento de un separador vertical [7] .....	37
5.0. Vida útil de los equipos de separación.....	47
6.0. Criterios de diseño .....	48
6.1. Criterios Generales de Diseño.....	48
6.1.1. Condiciones y datos específicos del lugar .....	48
6.1.2. Normas de fabricación .....	48
6.1.3. Materiales.....	49
6.1.4. Consideraciones sobre el sulfuro de hidrógeno .....	49
6.1.5. Aislamiento.....	51
6.1.6. Protección del equipo – Recubrimiento de pintura y protectores .....	52
6.1.7. Soldadura.....	54
6.1.8. Tuberías y materiales.....	55
6.1.9. Requisitos generales de tamaño de las tuberías .....	55
6.1.10. Diseño de la tubería .....	55
6.1.11. Válvulas.....	56
6.1.12. Actuadores Eléctricos.....	58
6.2. Criterios de diseño arquitectónico .....	59
6.2.1. Espacios de la plataforma, estación de separación y accesos .....	61
6.2.2. Cercado.....	62
6.2.3. Parámetros de diseño .....	62
6.3. Criterios de diseño civil.....	62
6.3.1. Códigos y normas .....	62
6.3.2. Investigación geotécnica y topografía .....	63
6.3.3. Despeje del sitio.....	63
6.3.4. Movimiento de tierra.....	64
6.3.5. Pavimentación del sitio, carreteras y parqueo.....	66
6.3.6. Eliminación de desechos.....	66
6.3.7. Especificaciones de construcción.....	67
6.4. Criterios de diseño estructural .....	67
6.5. Criterios de Diseño eléctrico.....	68
6.6. Criterios de diseño de instrumentos y controles .....	68
6.6.1. Códigos y normas .....	68
6.6.2. Diagrama de procesos e instrumentos (P&ID).....	68
6.6.3. Convenciones de nomenclatura del etiquetado de instrumentos .....	69
6.6.4. Unidades de medida .....	69
6.6.5. Las variables de instrumentos y control del proyecto debe incluir: .....	70
6.6.6. Medio del protocolo de comunicación .....	70
6.7. Control de la estación de separación .....	70
6.7.1. Control del motor.....	70

6.7.2. Válvulas solenoide .....	70
6.7.3. Válvulas motorizadas .....	71
6.7.4. Válvulas neumáticas de encendido/apagado .....	71
6.7.5. Válvulas neumáticas de modulación .....	71
6.7.6. Conexión a tierra .....	71
6.7.7. Alimentación de la UPS .....	71
6.8. Selección de la instrumentación .....	72
6.8.1. Transmisores de presión y presión diferencial .....	72
6.8.2. Transmisores de presión .....	72
6.8.3. Transmisores de flujo .....	72
6.8.4. Transmisores de nivel .....	73
6.8.5. Elementos de temperatura .....	73
6.8.6. Monitoreo de vibración .....	73
6.8.7. Manómetros de presión .....	73
6.8.8. Manómetros de presión diferencial .....	74
6.8.9. Indicadores de temperatura .....	74
6.8.10. Indicadores de nivel .....	74
6.9. Instalación de instrumentos .....	74
6.9.1. Cableado para i&c y paneles de campo (marshalling) .....	74
6.10. Criterios de diseño mecánico .....	75
6.10.1. Códigos y normas .....	75
6.10.2. Parámetros de diseño .....	75
6.10.3. Ubicación de los equipos y acceso .....	75
6.10.4. Propiedades de condiciones de suministro del fluido geotérmico .....	75
6.10.5. Interfaz del sistema de tuberías .....	75
6.10.6. Consideraciones de diseño de procesos .....	75
7.0. Análisis del separador .....	76
7.1. Durante el Diseño: .....	76
7.2. Durante la fabricación: .....	76
7.2.1. Prescripciones generales .....	77
7.2.2. Materiales .....	77
7.2.3. Ensayos de materiales .....	77
7.2.4. Soldaduras .....	77
7.2.5. Pruebas no destructivas .....	77
7.3. Tropicalización y protección contra corrosión .....	78
7.4. Metales .....	78
7.5. Pernos, espárragos y tuercas .....	78
7.5.1. Certificación de los materiales y equipos .....	79
7.5.2. Tratamiento de superficies .....	79

7.5.3. Programa de pintado.....	79
8.0. Especificaciones técnicas para los equipos de separación, accesorios, y válvulas.....	80
8.1. Recipientes a presión.....	80
8.2. Descripción de equipos, características, sistema de cargas y requerimientos funcionales.....	80
8.2.1. Separador ciclónico.....	80
8.2.2. Tanque de agua.....	81
8.2.3. Válvula de bola.....	84
8.3. Datos técnicos para equipos de separación.....	86
8.3.1. Materiales - separador ciclónico.....	86
8.3.2. Procedimientos y normas – separador ciclonico, tanque de agua, valvula de bola, tuberias, accesorios, valvulas.....	86
8.3.3. Dimensionamiento y peso-separador ciclónico.....	87
8.3.4. Condiciones de diseño-separador ciclónico.....	87
8.3.5. Materiales - pruebas - tanque de agua.....	88
8.3.6. Dimensionamiento y peso -tanque de gua.....	89
8.3.7. Condiciones de diseño-tanque agua.....	89
8.3.8. Materiales - pruebas – valvula de bola.....	90
8.3.9. Dimensionamiento y peso-valvula de bola.....	91
8.3.10. Condiciones de diseño-válvula de bola.....	91
8.4. Separador de solidos.....	92
8.4.1. Condiciones de diseño separador de solidos con capacidad de 70 kg/s.....	92
8.4.2. Características del fluido geotérmico producido por un pozo.....	92
8.4.3. Tamaños de los sólidos encontrados en el fluido geotérmico.....	93
8.4.4. Materiales - separador de solidos.....	93
8.4.5. Condiciones de diseño- separador de solidos.....	94
9.0. Resultados.....	101
9.1. Funcionamiento de plataforma de separación múltiple.....	101
9.2. planos de propuesta.....	101
9.3. planos de expansión de modulo de propuesta.....	101
10.0. Conclusiones y recomendaciones.....	112
11.0 Agradecimientos.....	114
12.0 Referencias bibliográficas.....	114
13.0 Anexos.....	115

## INTRODUCCIÓN

Las instalaciones en los campos geotérmicos son de alta relevancia, ya que de ellos depende la eficiencia de extracción del potencial geotérmico requerido para generar energía eléctrica, estos sistemas dependerán de la tecnología a instalar, por ejemplo, algunas son turbinas a boca pozo, de flasheo simple, doble flasheo, turbo-expansores, ciclo binario, etc.

Las plataformas geotérmicas son la base de nuestro pozo geotérmico, por ello es necesario la construcción de un contrapozo y una plataforma de perforación-producción que dependerá de la cantidad de pozos a perforar, las dimensiones del equipo de perforación, el método de aprovechamiento de la extracción del potencial, impactos ambientales potenciales y las limitaciones de la ubicación.

Dentro de los equipos necesarios para el desarrollo del campo geotérmico, se tienen las tuberías de transporte del fluido geotérmico ya sean bifásico, vapor y agua separada, los separadores tipo Webre horizontales y verticales, silenciador atmosférico y de rocas, tanques de agua para control de nivel, válvula de bola, accesorios de medición y control.

Los separadores y secadores de vapor son dos de los equipos más importantes usados para el acondicionamiento del vapor que se envía a las unidades generadoras en los campos geotérmicos de líquido dominante, y los de tipo ciclónico vertical (Webre) son los más usados a nivel internacional.

La mayoría de los campos geotérmicos en el mundo son de líquido dominante, y producen una mezcla de líquido y vapor. Para alimentar de vapor a las turbinas de las centrales generadoras, la fracción líquida es removida de la mezcla mediante el uso de equipos de separación que son normalmente centrífugos o de tipo Webre. La remoción de la fase líquida a su vez permite la eliminación de las sales y sólidos que pueden causar incrustaciones y corrosión dentro de los equipos de proceso, principalmente de las turbinas, siempre que los equipos de separación funcionen adecuadamente.

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Con la tendencia mundial de optar por las energías renovables y limpias, específicamente la Geotérmica por poseer el mayor índice de disponibilidad del recurso en el tiempo con respecto a las otras energías. Se vuelve de suma importancia el desarrollo de los campos geotérmicos. Dentro de este, generalmente se define una metodología de explotación del recurso en base al recurso mismo y a la capacidad que se pretende instalar, donde se vuelve importante determinar si el proceso de separación del fluido bifásico se realizará en cada sitio (continuo al pozo) o si por el contrario este se centralizará. Cabe mencionar que la definición de este proceso básicamente se define en el criterio del diseñador o desarrollador y en casos puntuales del contratista si es un contrato llave en mano.

Con respecto a este proceso (separación de fluido bifásico a vapor y líquido), no existe un estándar publicado donde se uniformice la planeación, instalación y operación de sistemas de separación de vapor en campos geotérmicos.

## JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Teniendo claro que la planeación, ubicación, diseño y construcción del sistema de separación incide directamente en la eficiencia del sistema, desarrollo ordenado y seguridad. Además de optimizar la

utilización de los espacios, cumplimiento de medidas ambientales y restricciones ambientales entre otros factores, se vuelve de especial interés que se vea publicada una investigación que considere la mayoría de aspectos y variables que nos ayude a planificar de mejor manera nuestro sistema de separación.

## OBJETIVOS (OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS)

Presentar una propuesta de ubicación, distribución de equipos, seguimiento de la vida de los sistemas de separación de vapor, que pueda servir como un estándar para tipificar, homogeneizar, normalizar y uniformar consideraciones, criterios para el cálculo, diseño y construcción de instalaciones de separación de vapor.

- Colectar conceptualización referente a los elementos de un sistema de separación, cálculo, consideraciones y diseño.
- Recopilar la información disponible sobre los tipos de sistemas de separación existentes, experiencias e investigaciones relacionadas, para su análisis, valoraciones y recomendaciones.
- Recopilar y presentar los criterios de diseño ingenieriles involucrados para la adquisición, instalación y operación de los sistemas de separación.
- Definir la ubicación y distribución ideal según la investigación, para equipos de separación para una cantidad y capacidad específica.
- Presentar el cálculo, dimensionamiento y especificaciones técnicas de un equipo de separación como un estándar base.

## METODOLOGÍA

- La presente investigación se desarrollará básicamente secciones, en las que se presentará de manera resumida toda la información recopilada, el análisis de la misma y la propuesta, conclusiones y recomendaciones.
- Se copilará la conceptualización de los elementos involucrados en un sistema de separación: en esta etapa se resumirá conceptualmente las definiciones, uso y características de los elementos que componen un sistema de separación.
- Se recopilará información representativa de los sistemas de separación predominantes en los campos geotérmicos, investigaciones y demás material disponible para su análisis: En esta parte se recopila información de los sistemas de separación utilizados en algunos campos geotérmicos representativos a nivel mundial, auxiliados además de las investigaciones sobre separadores publicadas, las cuales servirán para su análisis y resumir toda esta información obteniendo como producto lo más recomendable, las ventajas y desventajas de cada sistema entre otros factores.
- Análisis y diseño de separador: Se presenta los métodos, consideraciones y normas para el cálculo del diámetro y capacidad del separador,
- Se presentarán los criterios de diseño ingenieriles mínimos para el diseño y construcción de un sistema de separación: En esta parte se presentarán los requerimientos técnicos arquitectónicos, mecánicos, eléctricos, civiles, estructurales, químicos, de instrumentación y demás consideraciones necesarias para el diseño del sistema de separación.
- Presentación de Resultados: En esta sección se presenta una propuesta de un sistema de separación específico, con una capacidad definida y condiciones específicas para su ubicación y dimensionamiento. Con la particularidad de que este sirva como un estándar para poder replicarlo en cuantas veces sea necesario según la capacidad de separación que se requiera.

- Consideraciones específicas y planos de sistemas de separación: se presentarán planos de plataformas de separación, dimensionamiento de áreas, detalles de separadores y componentes, diferentes tipos de soporte para tuberías, entre otros detalles.

## 1.0 MARCO TEÓRICO

### 1.1. PLATAFORMAS DE PERFORACIÓN DE POZOS

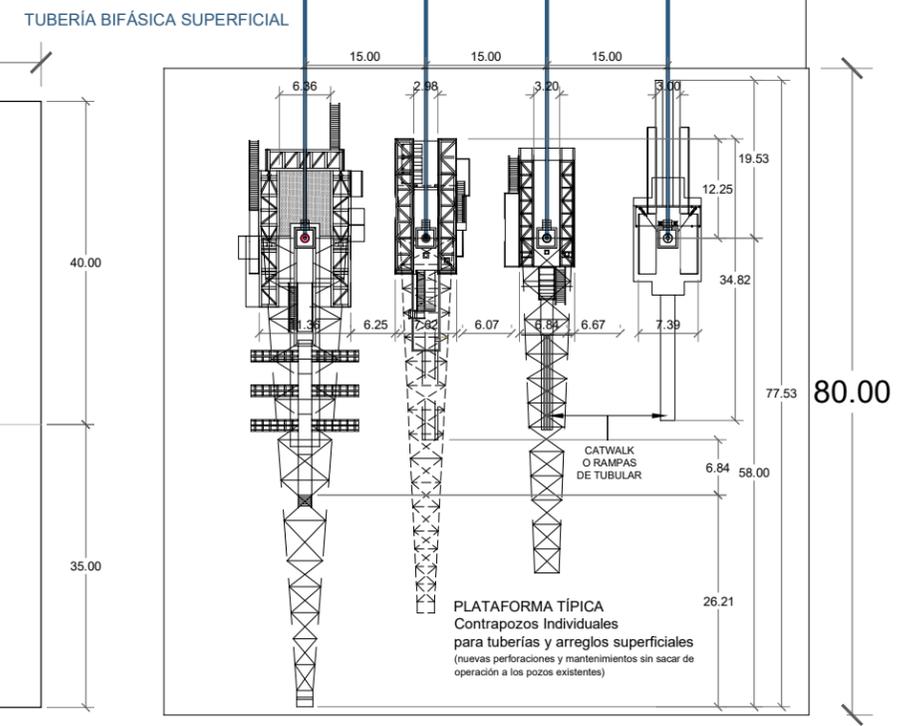
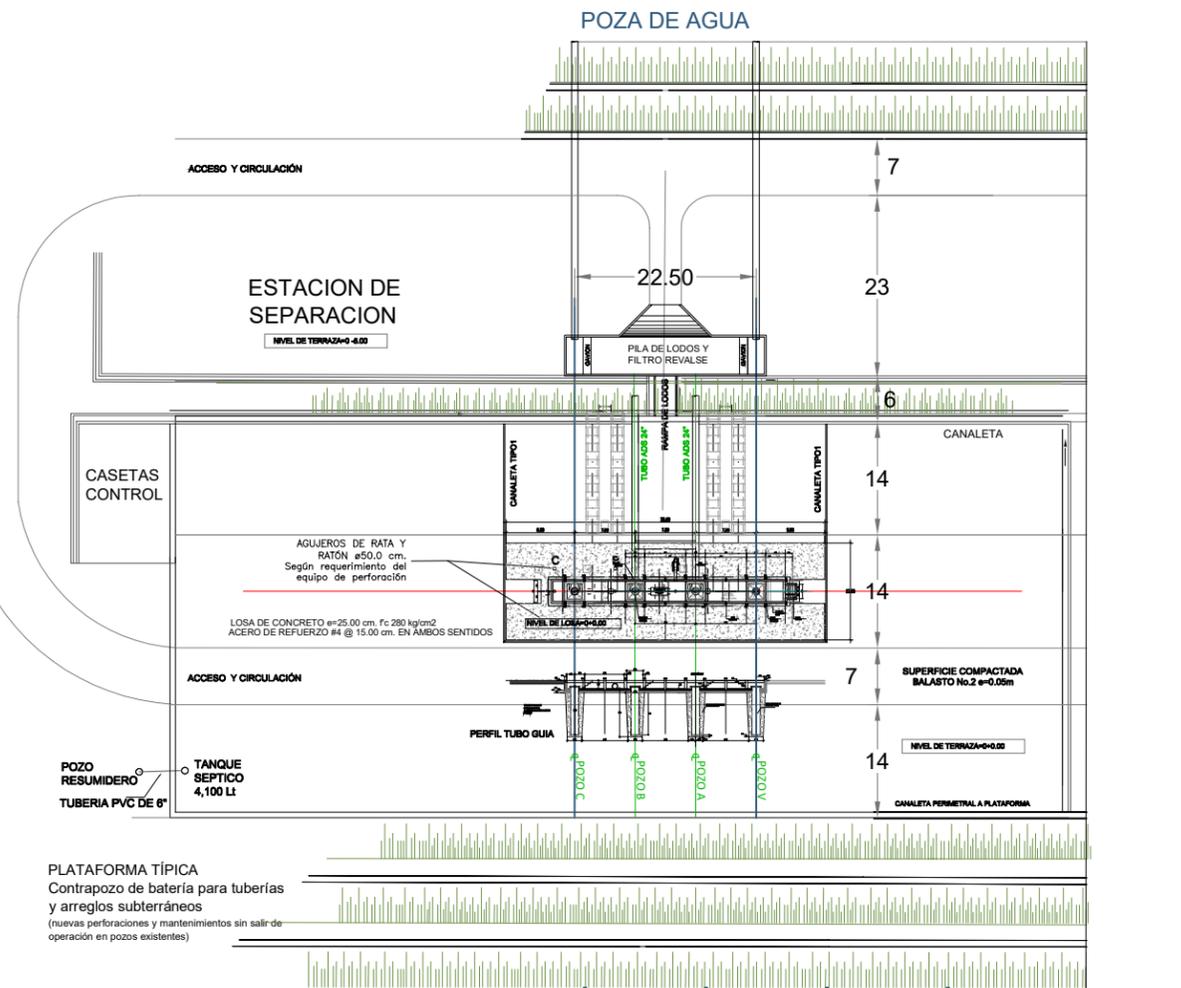
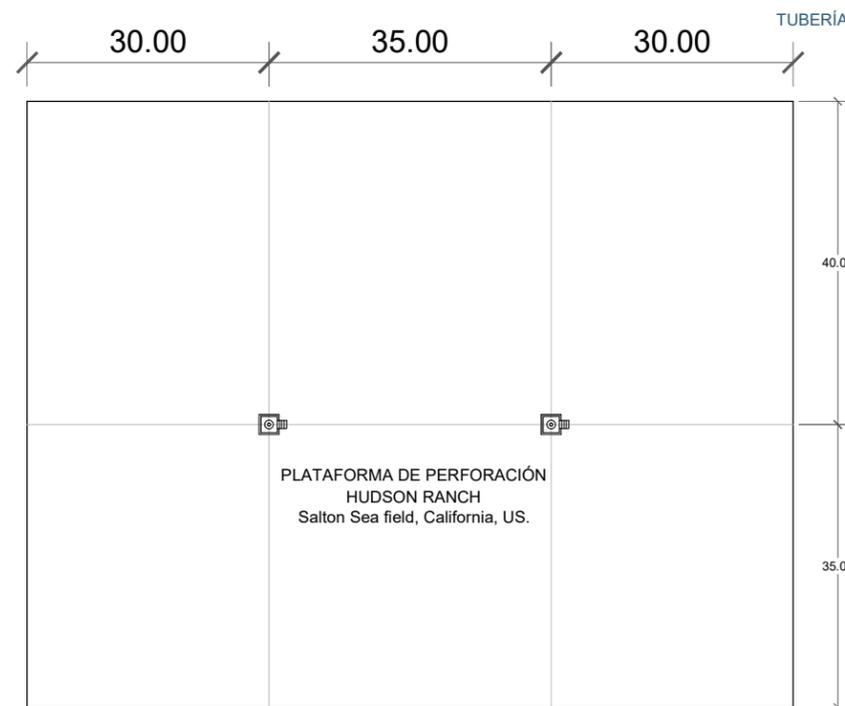
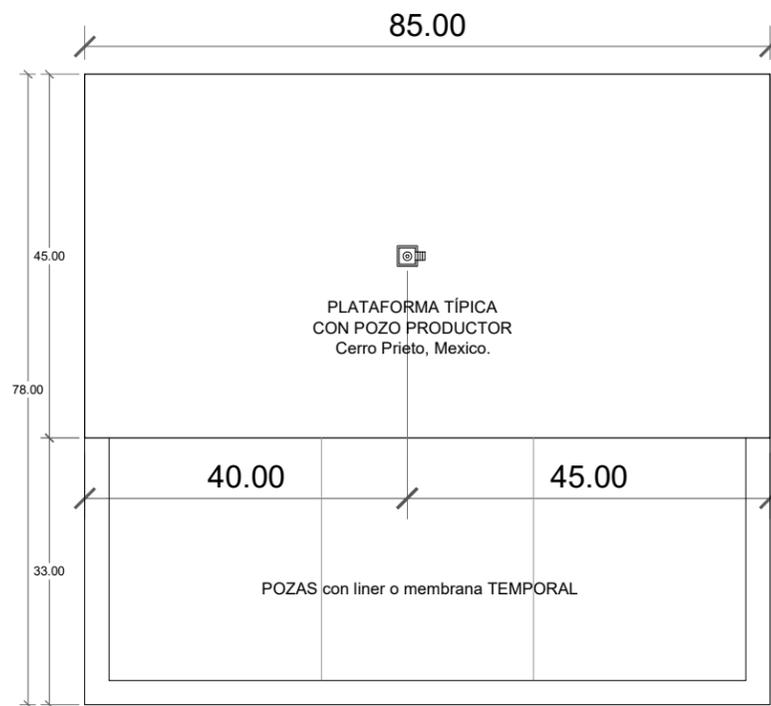
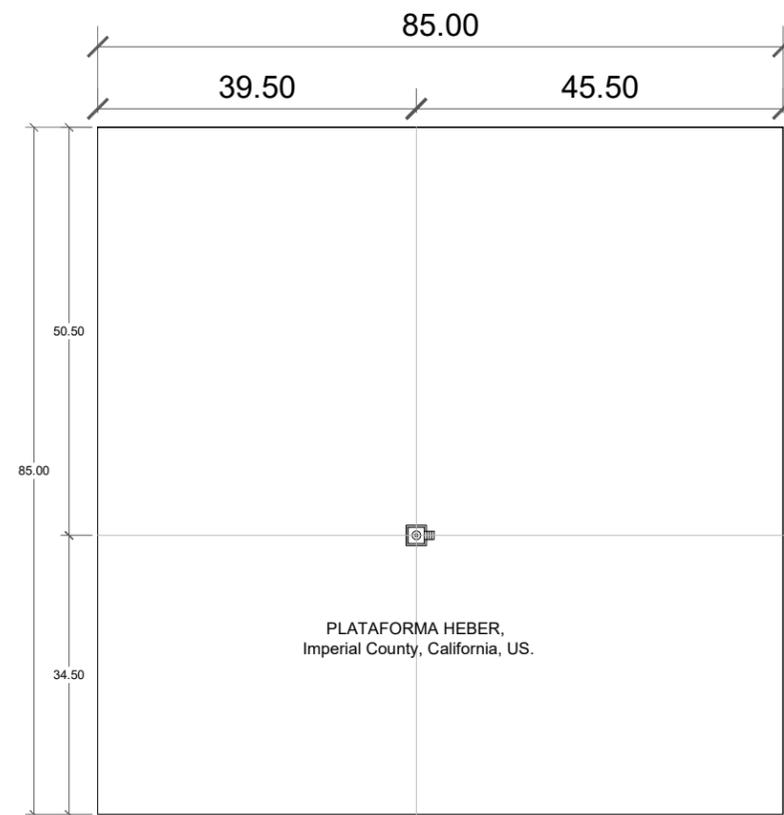
Los campos geotérmicos son a menudo remotos, lejos de las áreas desarrolladas, y requieren preparación del sitio antes de comenzar la perforación. Durante la fase de exploración científica, el acceso al sitio tenía que ser suficiente solo para permitir que unas pocas personas alcanzaran como lo son zonas para muestras de manantiales termales y otras manifestaciones, para conducir vehículos pequeños, correr Equipo eléctrico a través del terreno, etc.

Pero para esta etapa de perforación los caminos necesitarán que se construyan de tal manera que se pueda transportar equipo pesado a los objetivos de perforación designados. En ambientes volcánicos, esto puede ser desafiante debido a un terreno accidentado también se procura minimizar el número de plataformas de perforación, donde se planean varios pozos que pueden perforarse desde una sola plataforma, donde los cabezales de los pozos están a solo unas decenas de metros de distancia.

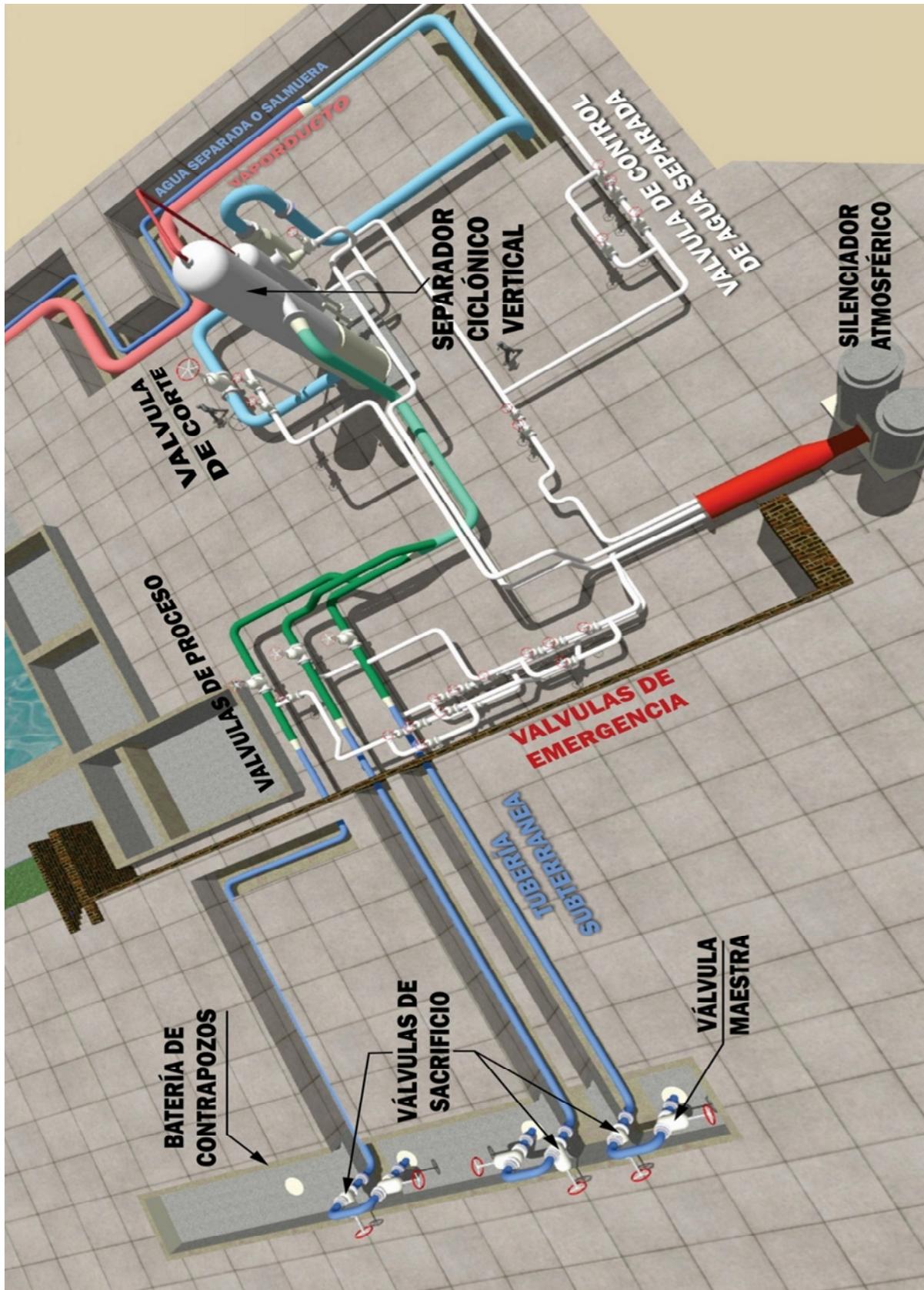
En base a ello se realizó una investigación de diferentes tipos de campos geotérmicos en el mundo, donde para una plataforma se requiere un área promedio de aproximadamente 90 x 45 m (300 x 150 pies) para la perforación de un pozo, incluido el búfer Espacio alrededor del equipamiento y estructuras, para un equipo de capacidad máxima de 3000 m de profundidad, esto para campos geotérmicos donde la superficie es plana, en los campos geotérmicos donde se encuentran en laderas, faldas de montaña o terrenos escabrosos (zona boscosa o volcánica) se requieren plataformas de dimensiones similares según la potencia del equipo de perforación, pero la conformación de terrazas se adecúan a las pendientes del terreno. La terraza de perforación puede variar de 45 a 60 metros de ancho hasta 100 a 120 metros de largo, la terraza de separación entonces puede proyectarse en una terraza inferior, junto al manejo de lodos o pila de recortes de perforación y tener una tercer terraza independiente para una poza o tanque de agua fresca de 20 x 20 metros con capacidad de 1500 mts<sup>3</sup>, ésta es necesaria si no se dispone de tanques móviles para el abastecimiento del agua durante la perforación o para actividades de mantenimiento de pozo. [1]

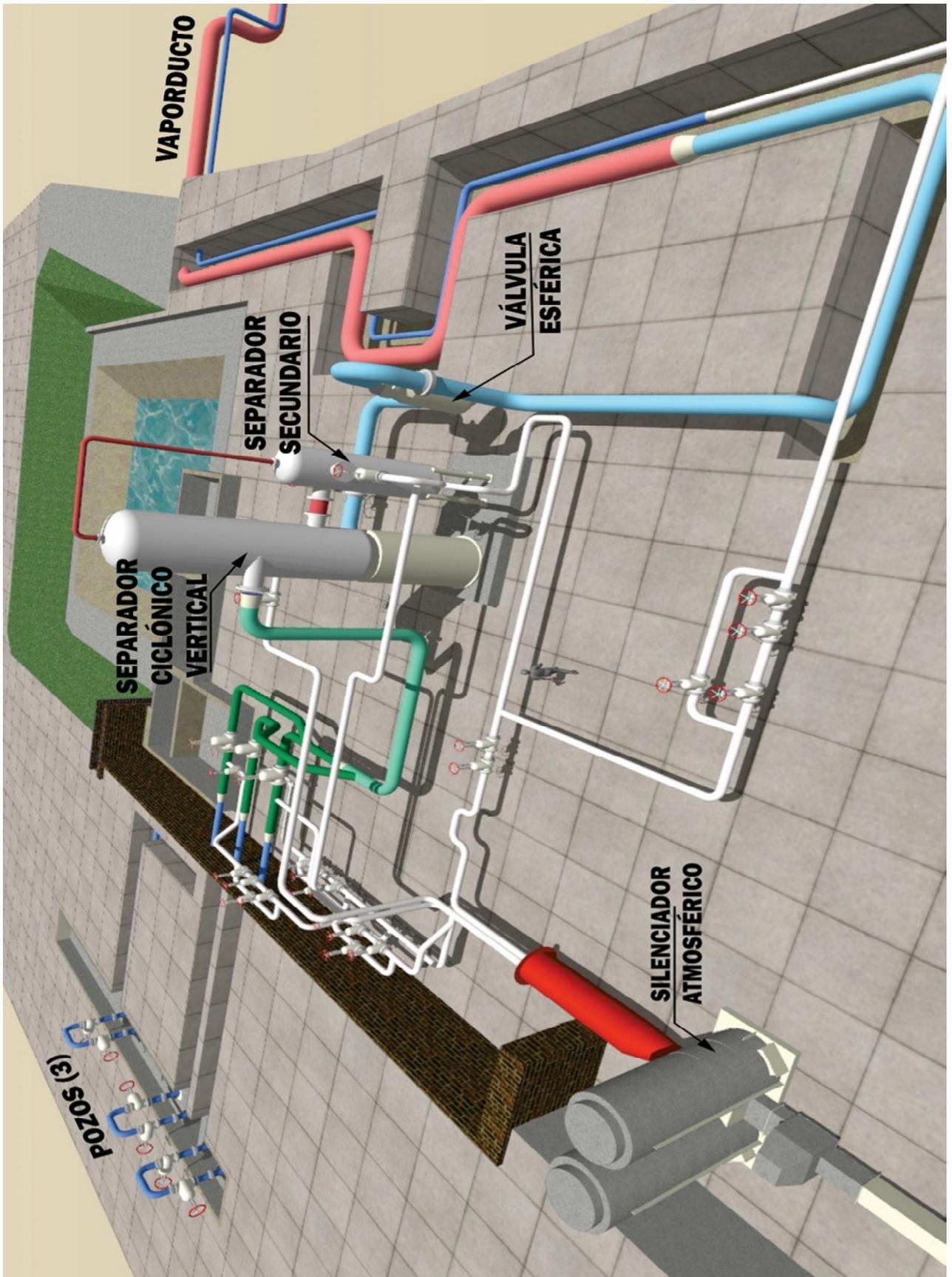
Sin embargo el diseño de plataformas se ha transformado a lo largo del desarrollo en geotermia, esta se ajusta a los criterios y a las normativas de construcción civil básicamente, se ha mantenido su uso esencial para los pozos de producción, área de silenciadores o descarga atmosférica y líneas de transporte, así como también las cuales deben cumplir a las exigencias ambientales, uso de suelo, normativas del país, los aspectos sociales y económicos, lo que conlleva a evaluar algunos parámetros para garantizar un diseño de plataforma que cumpla con los requerimientos básicos y técnicos de las necesidades del campo geotérmico, normas y reglamentos establecidos.

Algunos ejemplos de plataformas para la perforación de pozos se muestran a continuación: **Plano No.1** Plataformas típicas a nivel global, contrapozos, arreglos subterráneos y equipos de perforación, **Imagen No.1 y 2:** Vista en 3D de plataforma de Separación, arreglos subterráneos, contrapozos, cárcamos de lodos, silenciadores y arreglos de tuberías



# TIPOS DE PLATAFORMA



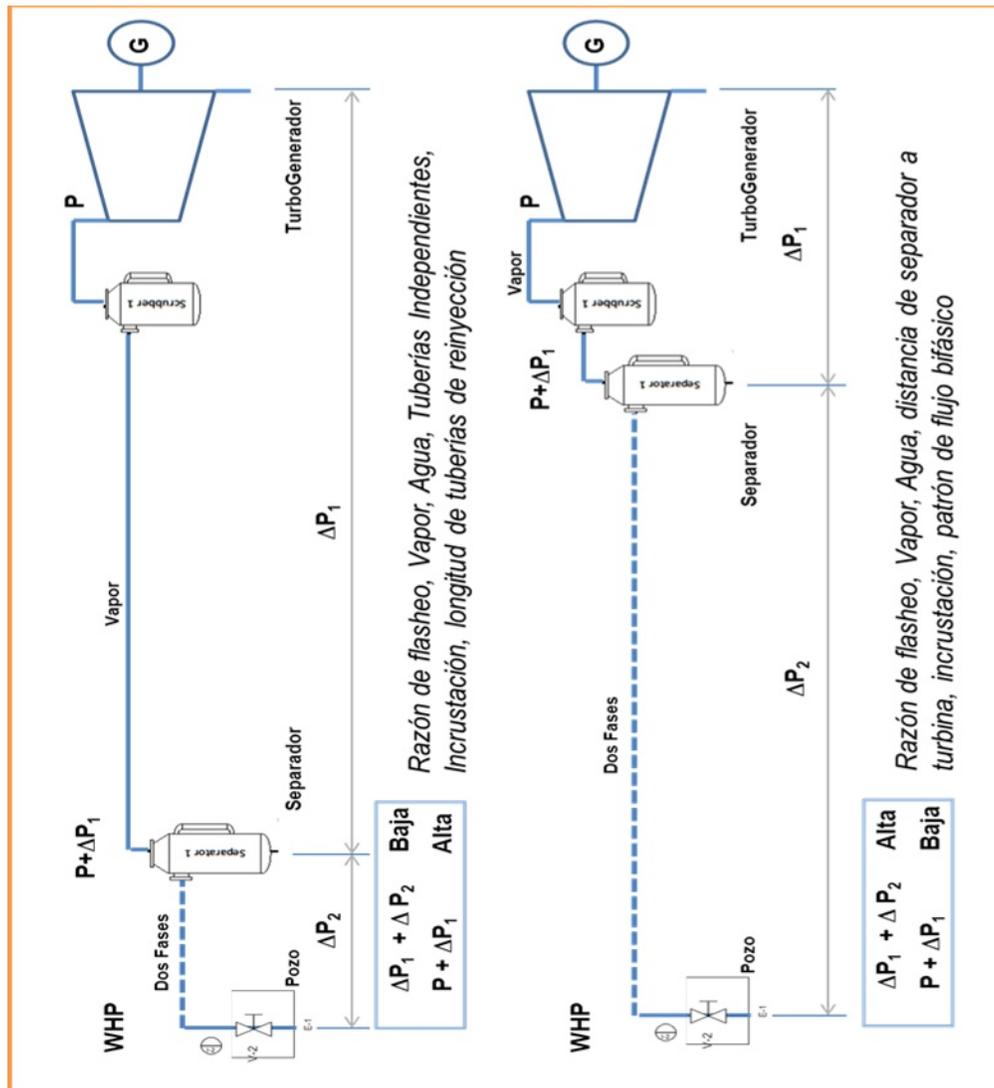


## 1.2. SISTEMAS DE SEPARACIÓN DE VAPOR

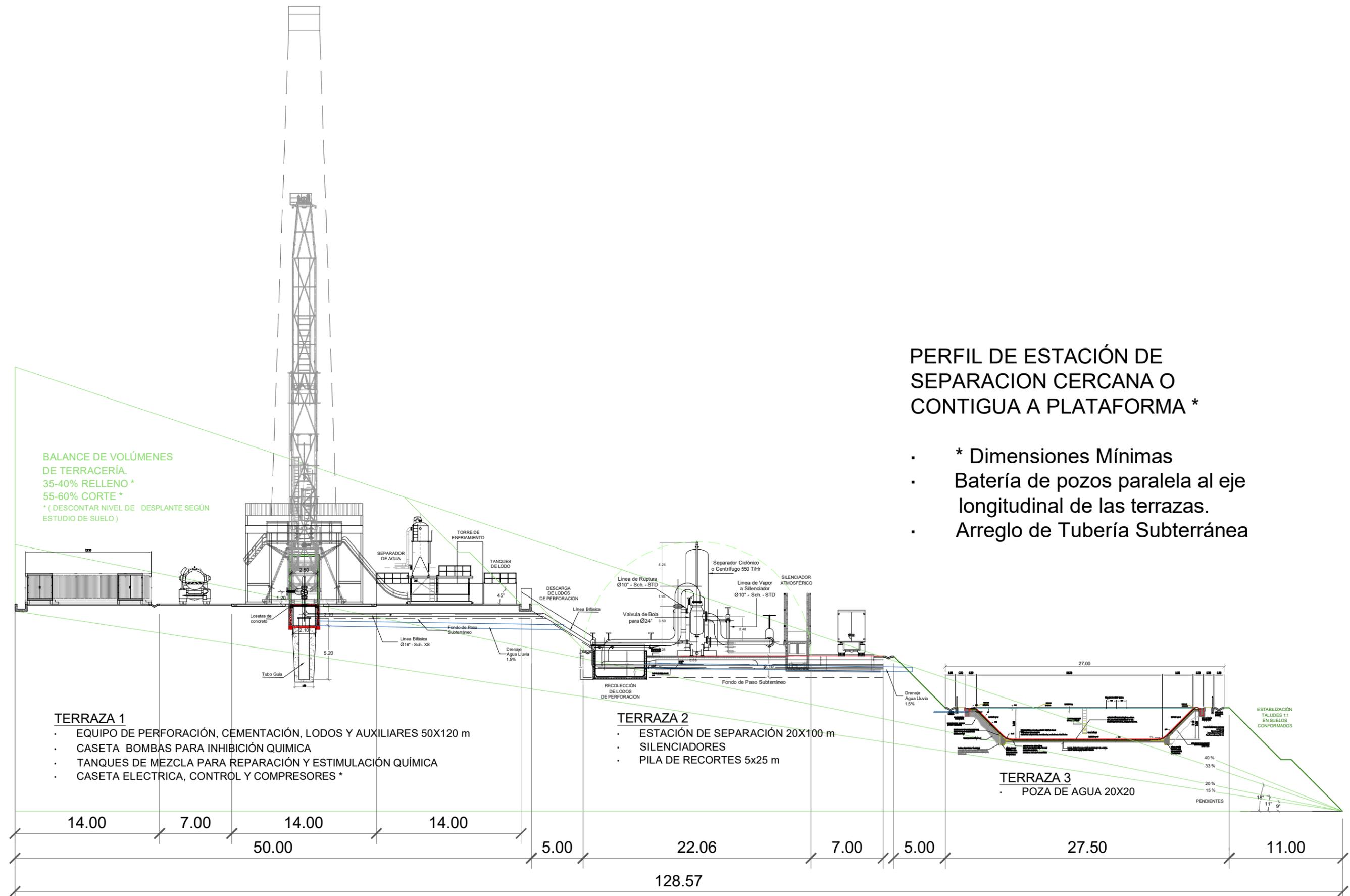
La separación del vapor se puede realizar cercana a los pozos productores con equipos independientes para cada pozo productor o en estaciones de separación centralizadas cercanas a la planta de potencia.

Actualmente se cuenta con instalaciones alrededor del mundo que se encuentran en las plataformas de los pozos productores o en sitios que centralizan esta función ubicados entre los pozos productores y la planta.

**El Esquema No.1** Muestra algunas consideraciones termodinámicas de la ubicación de los equipos de separación de vapor en el campo geotérmico.



El siguiente Plano No.2 Muestra Plano de estación separación contigua con dimensiones de plataformas, cárcamos, área de producción/perforación, y conformación de las terrazas según la conformación del terreno.



BALANCE DE VOLÚMENES DE TERRACERÍA.  
 35-40% RELLENO \*  
 55-60% CORTE \*  
 \* (DESCONTAR NIVEL DE DESPLANTE SEGÚN ESTUDIO DE SUELO)

- TERRAZA 1**
- EQUIPO DE PERFORACIÓN, CEMENTACIÓN, LODOS Y AUXILIARES 50X120 m
  - CASETA BOMBAS PARA INHIBICIÓN QUÍMICA
  - TANQUES DE MEZCLA PARA REPARACIÓN Y ESTIMULACIÓN QUÍMICA
  - CASETA ELECTRICA, CONTROL Y COMPRESORES \*

- TERRAZA 2**
- ESTACIÓN DE SEPARACIÓN 20X100 m
  - SILENCIADORES
  - PILA DE RECORTES 5x25 m

- TERRAZA 3**
- POZA DE AGUA 20X20

**PERFIL DE ESTACIÓN DE SEPARACION CERCANA O CONTIGUA A PLATAFORMA \***

- \* Dimensiones Mínimas
- Batería de pozos paralela al eje longitudinal de las terrazas.
- Arreglo de Tubería Subterránea

128.57



La separación de vapor en los campos geotérmicos se realiza por medio de equipos verticales u horizontales, también hay aplicaciones de separadores verticales con recirculación.

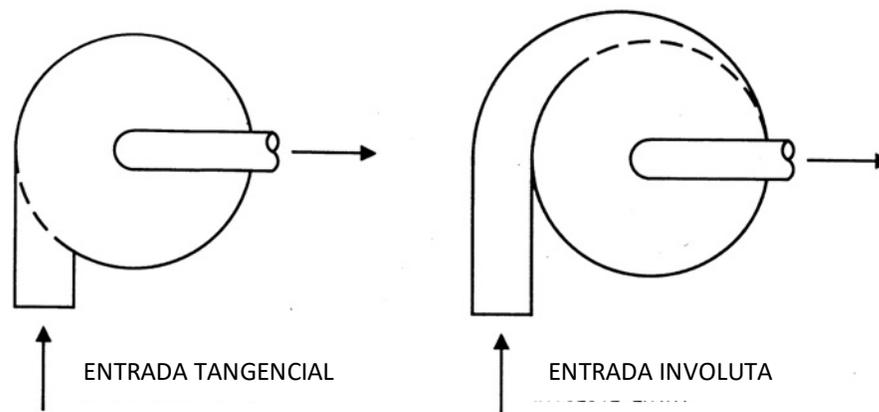
### 1.3. SEPARADOR VERTICAL WEBRE, CON RECICLAJE

Utilizados casi exclusivamente en nuevos desarrollos de campos geotérmicos. Pueden ser diseñados para proveer un vapor con calidad del 99.95% al 99.99%. Poseen efecto de separación centrífuga y gravitacional combinada. Caída baja de presión utilizando el modelo de entrada “Leminscate” combinado con codos de radio largo o entrada horizontal (cuando es posible).

Tipos de entrada bifásica de los separadores ciclónicos verticales pueden ser:

- a) Entrada tangencial
- b) Entrada espiral o entrada de voluta

La figura siguiente muestra este tipo de entrada a los equipos de separación.



En algunas instalaciones de separación de vapor se agrega un tanque de agua para proveer el tiempo suficiente de control del nivel de agua con la ayuda de una válvula automática.

La calidad de salida del separador tiene una gran dependencia del flujo de entrada, el régimen de flujo bifásico a la entrada, cambios en el régimen de flujo de la entrada resulta en un cambio en la calidad del vapor de salida (de anular a flujo disperso). El separador es dimensionado para condiciones de entrada específicas (flujos, presiones y entalpías).

---

### 1.3.1. HORIZONTAL

Las características principales están:

- Baja caída de presión
- Múltiples toberas de entradas para minimizar la velocidad
- Presente únicamente el efecto de gravedad.
- Requiere mayor área.
- Significativamente de menor altura que el tipo “Webre”
- Mejor adaptado a instalaciones bajo techo
- Requiere una fina separación como de pequeñas gotas de agua antes de descargar el vapor.

---

### 1.3.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS EQUIPOS DE SEPARACIÓN

**Ventajas del separador Horizontal:**

- La dirección del flujo no se opone al drenado en la extracción de neblina.
- Gran control de turbulencia.
- Mejor manejo para la retención de volumen.
- Mayor área de superficie líquida.
- Fácil mantenimiento y servicio.
- Mejor para el manejo de espuma.
- Mayor capacidad de líquido con un alto RGP.

**Desventajas del separador Horizontal:**

- Requiere mayor espacio físico.
- Los extractores de neblina a veces se tapan y explotan.
- No es bueno para el manejo de sedimentos o lodo.

**Ventajas del separador Vertical:**

- Puede manejar grandes cantidades de sedimentos o lodo.
- Buena capacidad de oleada.
- No requiere de mucho espacio físico.
- Puede ser limpiado fácilmente.

**Desventajas del separador Vertical:**

- Más costoso para procesar iguales cantidades de gas.
- Menor capacidad para el drenado de neblina.
- No es bueno para la espuma.
- Dificultad para revisar equipos en la parte superior.
- Baja capacidad de líquido con un alto RGP.

Para ambos separadores se requiere el control de la presión de operación por las razones siguientes:

- El control de la presión es requerido para reducir la posibilidad de inundación del separador y arrastre de agua hacia la turbina.
- Un transiente de presión puede ocasionar flasheo del agua entre el separador y la tubería de agua.
- El flasheo del agua ocasiona alteraciones del proceso de separación y arrastre de agua hacia la turbina.
- Transientes de reducción de presión son causados generalmente por incremento en la carga de la turbina y apertura de las válvulas del gobernador.
- El efecto de los transientes de presión puede ser aislado con el uso de una válvula de control automática de presión
- Una estrategia alterna es la de integrar la operación de la válvula del gobernador de la turbina con el control de la presión del campo geotérmico.
- Eventos de alta presión pueden ser controlados por venteos que derivan vapor en exceso hacia silenciadores atmosféricos.
- Una alternativa más sofisticada es la de reducir automáticamente la producción de los pozos para eliminar el vapor en exceso que descarga a la atmósfera.
- Despresurización en el separador es manejada por medio de restricciones de la razón a la cual la turbina puede levantar carga (o sea tomar vapor del campo)

Una válvula gobernadora puede operar a través de controles la salida de generación de la planta (control en los MW) o por el mantenimiento de una interface de presión constante (control de presión)

---

### 1.3.3. DIMENSIONAMIENTO DE EQUIPOS DE SEPARACIÓN VERTICAL

Velocidad del agua alrededor de 1 m/s

Velocidad a la entrada del separador ciclónico de 35 m/s

Valores de corrosión permisible debe ser alrededor de 3 mm para un diseño estándar de vida de una planta geotérmica de 30 años. (1mm cada 10 años)

Valor de erosión permisible de 3 mm para el mismo tiempo estándar de vida de una planta geotérmica.

Materiales de láminas de acero al carbono aplican para los separadores. Ejemplo, la lámina con especificaciones SA-516-70, Bridas clase 300 son requeridas para las condiciones de diseño de 10 barg y 185 °C.

Adicionalmente para su dimensionamiento:

- § Un tanque a presión tiene una razón longitud/diámetro cercano a cinco (5).
- § La velocidad de salida del vapor es de alrededor de 30 a 50 m/s, por razones de caída de presión y consideración de costos.
- § El tamaño del separador ciclónico debe ser 2.5 +/- 0.5 veces el flujo volumétrico por segundo de la fase gaseosa.

Ejemplo de cálculo de dimensiones del separador:

Flujo de vapor de 17.82 m<sup>3</sup>/s a 6.5 bar<sub>g</sub>

El tamaño debe ser

$$(2.5 \pm 0.5) * 17.82 \text{ m}^3/\text{s} = 44.5 \pm 8.9 \text{ m}^3$$

Para una velocidad de 40 m/s, el diámetro de salida del vapor debe ser de:

$$d = \sqrt{\frac{4 * Q_{\text{vol vapor}}}{\pi * \text{Velocidad}_{\text{vapor}}}} = \sqrt{\frac{4 * 17.82 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{\pi * 40 \frac{\text{m}}{\text{s}}}} = 0.75 \text{ m}$$

Con el diámetro de la tubería de vapor, se obtiene el diámetro del separador así:

$$D = 3 * d = 3 * 0.75 = 2.25 \text{ m}$$

Longitud L del separador  $L = 11.25 \text{ m}$

Los recipientes a presión están sujetos a diversas cargas, que causan esfuerzos de diferentes intensidades en los componentes del recipiente. El tipo e intensidad de los esfuerzos es una función de las cargas, de la geometría del recipiente y de su construcción.

### Cargas

1. Presión interna o externa.
2. Peso del recipiente y su contenido.
3. Reacciones estáticas del equipo auxiliar, tubería, revestimiento, aislamiento, piezas internas, apoyos.
4. Reacciones cíclicas y dinámicas debidas a la presión o a las variaciones térmicas.
5. Presión del viento y fuerzas sísmicas.
6. Reacciones por impacto debido a choque hidráulico.
7. Gradientes de Temperatura y expansión térmica diferencial.

### Esfuerzos

- A. Esfuerzo a la tensión
- B. Esfuerzo longitudinal a la compresión.
- C. Esfuerzo primario general de membrana inducido por cualquier combinación de cargas. Esfuerzo primario de membrana más esfuerzo primario de flexión inducido por combinaciones de cargas
- D. Esfuerzo primario general de membrana inducido por la combinación de sismos o de la presión del viento con otras cargas.

## 1.4. ESFUERZOS EN CASCOS CILÍNDRICOS [3]

La presión uniforme, interna o externa, induce en la costura longitudinal un esfuerzo unitario igual al doble del que obra en la costura circunferencial, por la geometría misma del cilindro.

Cuando otras fuerzas (de viento, sísmicas, etc.) no son factores importantes, un recipiente sujeto a presión externa, debe diseñarse para resistir solo la deformación circunferencial. Las normas establecen el método de diseño para llenar tal requisito. Cuando actúan además otras cargas, la

combinación de las mismas puede ser el que rija y podrá requerirse una placa de mayor espesor que el necesario para resistir únicamente la deformación circunferencial. (**ver figura No.1**)

El esfuerzo a la compresión debido a la presión externa y el esfuerzo a la presión interna se determina mediante las fórmulas siguientes:

#### Junta Circunferencial

$$S_1 = \frac{PD}{4t}$$

#### Junta Longitudinal

$$S_2 = \frac{PD}{2t}$$

#### Simbología:

**D** = Diámetro medio del recipiente, pulgadas

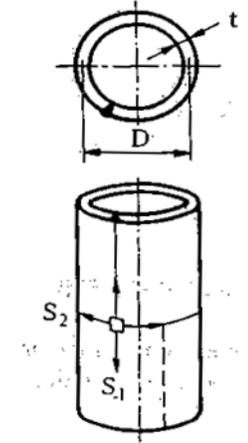
**P** = Presión Interna o externa, lb/pulg<sup>2</sup>

**S<sub>1</sub>** = Esfuerzo longitudinal, lb/pulg<sup>2</sup>

**S<sub>2</sub>** = Esfuerzo Circunferencial, lb/pulg<sup>2</sup>

**t** = Espesor del casco sin margen por corrosión,

Pulgadas



**Figura No.1 Esfuerzos en casos cilíndricos**

Para las torres a presión interna y a cargas del viento, la altura crítica arriba de la cual rige el esfuerzo a la compresión se puede obtener de manera aproximada con la siguiente fórmula:

$$H = \frac{PD}{32t}$$

Donde **H** = Altura crítica de la torre, pies. Considerando los datos ya obtenidos

## 1.5. PRESION INTERNA [3]

### 1.5.1. PRESIÓN DE OPERACIÓN

La presión que se requiere en el proceso del que forma parte el recipiente a la cual trabaja normalmente este.

### 1.5.2. PRESIÓN DE DISEÑO

La presión que se emplea para diseñar el recipiente. Se recomienda diseñar un recipiente y sus componentes para una presión mayor que la de operación. Este requisito se satisface utilizando una presión de diseño de 30 lb/pulg<sup>2</sup> o 10% más que la operación de trabajo, la que sea mayor. También debe tomarse en consideración la presión del fluido y de cualquier otra sustancia contenida en el recipiente

---

### 1.5.3. MÁXIMA PRESIÓN PERMITIDA DE OPERACIÓN

La presión interna a la que está sujeto el elemento más débil del recipiente corresponde al esfuerzo máximo admisible, cuando se supone que el recipiente está:

- a. En estado de desgaste por corrosión
- b. A una temperatura determinada
- c. En posición normal de trabajo
- d. Bajo el efecto de otras cargas (carga de viento, presión externa, presión hidrostática, etc.) que son aditivas a la presión interna.

Una práctica común que siguen muchos usuarios y fabricantes de recipientes sujetos a presión es considerar la presión máxima de trabajo permitida de la cabeza o del casco y no la de elementos pequeños como bridas, aberturas, etc.

Se emplea muy a menudo la expresión máxima presión permitida “nuevo” y “frio”. Esta es la presión a la cual está sujeto el elemento más débil del recipiente al punto máximo admisible, cuando el recipiente:

- a) No está corroído (es nuevo)
- b) La temperatura no afecta su resistencia (temperatura ambiente) (frio)

---

### 1.5.4. PRESIÓN DE LA PRUEBA HIDROSTÁTICA

Una y media veces la máxima presión permitida de operación o la presión de diseño cuando no se hacen los cálculos para determinar la presión máxima permitida de trabajo.

Si el valor del esfuerzo del material del recipiente a la temperatura de diseño es menor que a la temperatura de prueba, la presión de prueba hidrostática debe incrementarse proporcionalmente.

La prueba hidrostática de los recipientes multicámaras se realiza envase a la norma UG-99.

Puede efectuarse una prueba neumática en lugar de una prueba hidrostática, de acuerdo a la norma UG-100.

Las pruebas necesarias para establecer la presión máxima de trabajo permitida cuando la resistencia de alguna parte del recipiente no puede calcularse con un grado satisfactorio de seguridad, están prescritas en la norma UG-101.

---

### 1.5.5. VALORES DEL ESFUERZO MÁXIMO PERMITIDO

Los valores del esfuerzo de tensión máximo permitido para diferentes materiales se presentan en la **Allowable Stress (MPa), ASME Section II, Part D, Table 5A [5]** El esfuerzo a compresión máximo permitido para usar en el diseño de recipientes cilíndricos sujetos a cargas que produzcan esfuerzo de compresión en el casco debe determinarse de acuerdo a la norma, párrafo UG-23 (b), (c) y (d).

Allowable Stress (MPa), ASME Section II, Part D, Table 5A - SI Units

Line number	Nominal Composition	Product Form	Spec. No.	<250C	<275C	<300C	<325C	<350C	<375C	<400C	<425C	<450C	<475C	<500C	<525C	<550C	<575C
1	Carbon steel	Bar, shapes	SA-675	85.1	83.0	80.7	78.4	76.0	73.7	71.5	64.0	55.8	43.9	31.7			
2	Carbon steel	Plate	SA-285	90.8	88.5	86.1	83.6	81.1	78.6	73.3	64.0	55.8	43.9	31.7			
3	Carbon steel	Smls. pipe	SA-106	113	111	108	105	100	99.1	73.3	64.0	55.8	43.9	31.7	21.4	14.2	
4	Carbon steel	Bar, shapes	SA-675	94.5	92.2	89.7	87.1	84.5	81.9	73.3	64.0	55.8	43.9	31.7			
5	Carbon steel	Plate	SA-283	102	99.6	96.9	94.1	91.2	89.4								
6	Carbon steel	Plate	SA-285	102	99.6	96.9	94.1	91.2	89.4	73.3	64.0	55.8	43.9	31.7			
7	Carbon steel	Bar, shapes	SA-675	104	101	98.7	95.8	92.9	90.1	87.4	75.3	62.1	45.0	31.7			
8	Carbon steel	Plate	SA-285	113	111	108	105	101	98.3	89.0	75.3	62.1	45.0	31.7	21.4	14.2	
9	Carbon steel	Smls. pipe	SA-333	113	111	108	105	101	98.3	95.1	79.5	62.6	45.0	31.7	21.4	14.2	
10	Carbon steel	Smls. tube	SA-334	113	111	108	105	101	98.3								
11	Carbon steel	Plate	SA-516	113	111	108	105	101	98.3	89.0	75.3	62.1	45.0	31.7	21.4	14.2	
12	Carbon steel	Smls. pipe	SA-524	113	111	108	105	101	98.3	89.0	75.3	62.1	45.0	31.7	21.4	14.2	
13	Carbon steel	Plate, bar, shapes	SA-36	136	133	129	125	122	119								
14	Carbon steel	Plate	SA-662	151	148	144	139	135	132								
15	Carbon steel	Forgings	SA-181	113	111	108	105	101	98.3	95.1	79.5	62.6	45.0	31.7	21.4	14.2	
16	Carbon steel	Castings	SA-216	113	111	108	105	101	98.3	95.1	79.5	62.6	45.0	31.7	21.4	14.2	
17	Carbon steel	Forgings	SA-266	113	111	108	105	101	98.3	95.1	79.5	62.6	45.0	31.7	21.4	14.2	
18	Carbon steel	Forgings	SA-350	113	111	108	105	101	98.3								
19	Carbon steel	Bar, shapes	SA-675	113	111	108	105	101	98.3	95.1	79.5	62.6	45.0	31.7			
20	Carbon steel	Forgings	SA-765	113	111	108	105	101	98.3	95.1	79.5	62.6	45.0	31.7	21.4	14.2	
21	Carbon steel	Plate	SA-515	121	118	115	111	108	105	95.1	79.5	62.6	45.0	31.7	21.4	14.2	
22	Carbon steel	Plate	SA-516	121	118	115	111	108	105	95.1	79.5	62.6	45.0	31.7	21.4	14.2	
23	Carbon steel	Plate	SA-283	125	122	118	115	111									
24	Carbon steel	Smls. pipe	SA-106	132	129	126	122	118	115								
25	Carbon steel	Fittings	SA-234	132	129	126	122	118	115	95.1	79.5	62.6	45.0	31.7	21.4	14.2	
26	Carbon steel	Smls. pipe	SA-333	132	129	126	122	118	115	95.1	79.5	62.6	45.0	31.7	21.4	14.2	
27	Carbon steel	Forgings	SA-372	115	112	110	109	107									
28	Carbon steel	Fittings	SA-420	132	129	126	122	118	115	95.1	79.5	62.6	45.0				
29	Carbon steel	Smls. pipe	SA-524	132	129	126	122	118	115	95.1	79.5	62.6	45.0	31.7	21.4	14.2	
30	Carbon steel	Forgings	SA-727	136	133	129	125	122	119	95.1	79.5	62.6	45.0	31.7	21.4	14.2	
31	Carbon steel	Wild. tube	SA-178	119	116	113	110	106	104	80.8	67.6	53.2	38.3	27.0	18.2	12.0	
32	Carbon steel	Smls. tube	SA-210	140	136	133	129	125	122	95.1	79.5	62.6	45.0	31.7	21.4	14.2	

### 1.5.6. EFICIENCIA DE LAS JUNTAS

La eficiencia de los diferentes tipos de juntas soldadas y de las cabezas o casquetes sin costura aparece en la **Norma UW-12 eficiencia de la Junta (E) [4]**. Las páginas que siguen contienen fórmulas que se emplearon para calcular el espesor de la pared requerido y la presión máxima de trabajo permitida para los tipos de casco o cabeza, para el tipo de recipiente a presión utilizado en el campo geotérmico de CP.

El esfuerzo de la costura circunferencial rige solamente cuando la eficiencia de la junta circunferencial es menor que la mitad de la eficiencia de la junta longitudinal, o cuando además de la presión interna, hay cargas adicionales (carga de viento, reacción de las silleas), que producen flexión o tensión longitudinal. La razón de esto es que el esfuerzo que se origina en la costura circunferencial es igual a la mitad del que se origina en la costura longitudinal.

De acuerdo a lo anterior, las fórmulas para la costura circunferencial son:

$$t = \frac{PR}{2SE + 0.4 P} \qquad P = \frac{SEt}{Ri + 0.6 t}$$

### 1.6. FUNDAMENTO TEÓRICO [3]

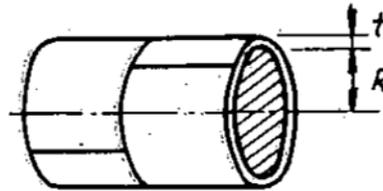
Para realizar los cálculos correspondientes se toman en cuenta las siguientes formulas:

#### Presión Interna del recipiente

Formulas Expresadas en función de las Dimensiones Interiores

### 1.6.1. CASCO CILÍNDRICO (COSTURA LONGITUDINAL)

1. Generalmente rige el esfuerzo en la costura longitudinal
2. Cuando el espesor de pared exceda de la mitad del radio interior o  $P$  exceda de  $0.385 SE$ , se aplicarán las fórmulas dadas en el apéndice del código, 1-2 (para este caso no aplica esta opción) *(ver figura No.02)*



**Figura No.02.** Casco Cilíndrico

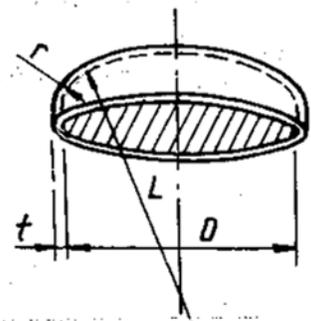
#### Formulas:

Presión en el Casco (Cuerpo) 
$$P = \frac{SEt}{Ri+0.6t}$$

Espesor de Pared en Casco (Cuerpo) 
$$t = \frac{PR}{SE - 0.6P}$$

### 1.6.2. CABEZA ASME BRIDADA Y ALABEADA (CABEZA TORISFERICA)

Cuando  $L/r = 16 \frac{2}{3}$  (Tapa Torisferica estándar usada en separadores de los Campo Geotérmico) *(ver figura No.03)*



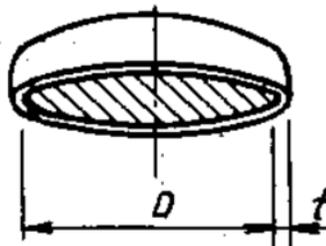
**Figura. No.03** Tapa Torisferica

#### Formulas:

Presión de Tapa Torisferica 
$$P = \frac{SEt}{0.885L + 0.1t}$$

Espesor de Tapa Torisferica 
$$t = \frac{0.885PL}{SE - 0.1P}$$

### 1.6.3. CABEZA ELIPSOIDAL 2:1 (VER FIGURA NO. 04)



*Figura No.04* Tapa Elipsoidal

#### Formulas:

$$\text{Presión de Tapa Elipsoidal } P = \frac{2SEt}{Di+0.2t}$$

$$\text{Espesor de Tapa elipsoidal } t = \frac{PD}{2SE-0.2P}$$

#### Simbología:

P = Presión de diseño o presión máxima de trabajo permitida, lb/pulg<sup>2</sup>

S = Valor del esfuerzo del material, lb/pulg<sup>2</sup>

E = Eficiencia de la junta

R = Radio interior, pulgadas

D = Diámetro interior, pulgadas

t = Espesor de pared, pulgadas

L = Diámetro interior del Casquete, pulgadas

## 2.0. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE CERTIFICACIÓN DE SEPARADORES, ACTIVIDADES Y APORTACIONES REALIZADAS [6]

Para poder realizar la certificación de dichos separadores es necesario tomar los siguientes criterios o condiciones presentadas para poder calcular la presión actual que resiste el recipiente a presión (separador). Para esta memoria se utilizará el separador primario identificado como “CG-210-035”.

Como ya vimos en el fundamento teórico es necesario saber los siguientes datos para proceder a obtener los datos de **Presión “P”**. Como primer dato requerimos el **esfuerzo del material (S)** para ello es necesario tomar en cuenta que los esfuerzos pueden variar a según el año de construcción del material en este caso el material es acero **ASTM A-285 gr. C** tiene un **esfuerzo (S) de 13,800 psi (lb/pulg<sup>2</sup>)**, además el separador tiene como **diámetro interior (Di) de 54”Ø (137cm o 68,5cm de radio)**, como eficiencia de la junta según las especificaciones del diseño esta **85% radiografiada por lo tanto es (E) 0,85**, el espesor se tomó en base a mediciones de espesor en las tapas torisfericas tanto la superior y la inferior, además de los anillos 1,2 y 3 del separador, los espesores mínimos obtenidos son: Tapa Elipsoidal superior: **2,01 cm**, Anillo 1: **2,05 cm**, Anillo 2: **3,45 cm**, Anillo 3: **2,08 cm**, Tapa Elipsoidal inferior: **2,23 cm**.

Dados los datos requeridos se procede a realizar las operaciones para calcular la presión máxima de operación (Kg/cm<sup>2</sup>) y la temperatura máxima de operación (°C).

### Datos:

$$S = 13,800 \text{ psi (lb/pulg}^2\text{)} = 970 \text{ kg/cm}^2$$

$$L = Di = 54" \text{ } \varnothing = 137 \text{ cm}$$

$$Ri = 68,5 \text{ cm}$$

$$E = 85\% (0,85) \text{ en cuerpo, } 100\% (1,00) \text{ en tapas elipsoidales}$$

### 5.1. Calculo para Anillos

Anillo 1

$$P = \frac{SEt}{Ri+0.6t} = \frac{(970 \text{ kg/cm}^2)(0,85)(2,05\text{cm})}{(68,5\text{cm})+0.6(2,05 \text{ cm})} = 24.24 \text{ kg/cm}^2$$

Anillo 2

$$P = \frac{SEt}{Ri+0.6t} = \frac{(970 \text{ kg/cm}^2)(0,85)(3,45\text{cm})}{(68,5\text{cm})+0.6(3,45 \text{ cm})} = 40.31 \text{ kg/cm}^2$$

Anillo 3

$$P = \frac{SEt}{Ri+0.6t} = \frac{(970 \text{ kg/cm}^2)(0,85)(2,08\text{cm})}{(68,5\text{cm})+0.6(2,08 \text{ cm})} = 24.59 \text{ kg/cm}^2$$

## 2.1. CALCULO PARA TAPAS ELIPSOIDALES

Tapa Elipsoidal Superior

$$P = \frac{2SEt}{Di+0.2t} = \frac{2(970 \text{ kg/cm}^2)(1.00)(2.01 \text{ cm})}{137+0.2(2.01 \text{ cm})} = 28,38 \text{ kg/cm}^2$$

Tapa elipsoidal Inferior

$$P = \frac{2SEt}{Di+0.2t} = \frac{2(970 \text{ kg/cm}^2)(1.00)(2.23 \text{ cm})}{137+0.2(2.23 \text{ cm})} = 31,48 \text{ kg/cm}^2$$

Para calcular la temperatura máxima de operación se realizan los siguientes pasos:

La presión máxima de operación es la presión menor que se calculó en el separador que corresponde al **Anillo 1** que es de **24,24 kg/cm<sup>2</sup>**. Por lo tanto, la temperatura de saturación correspondiente a esa presión en base a la tabla de temperaturas de Vapor Saturado Seco es de **223°C**.

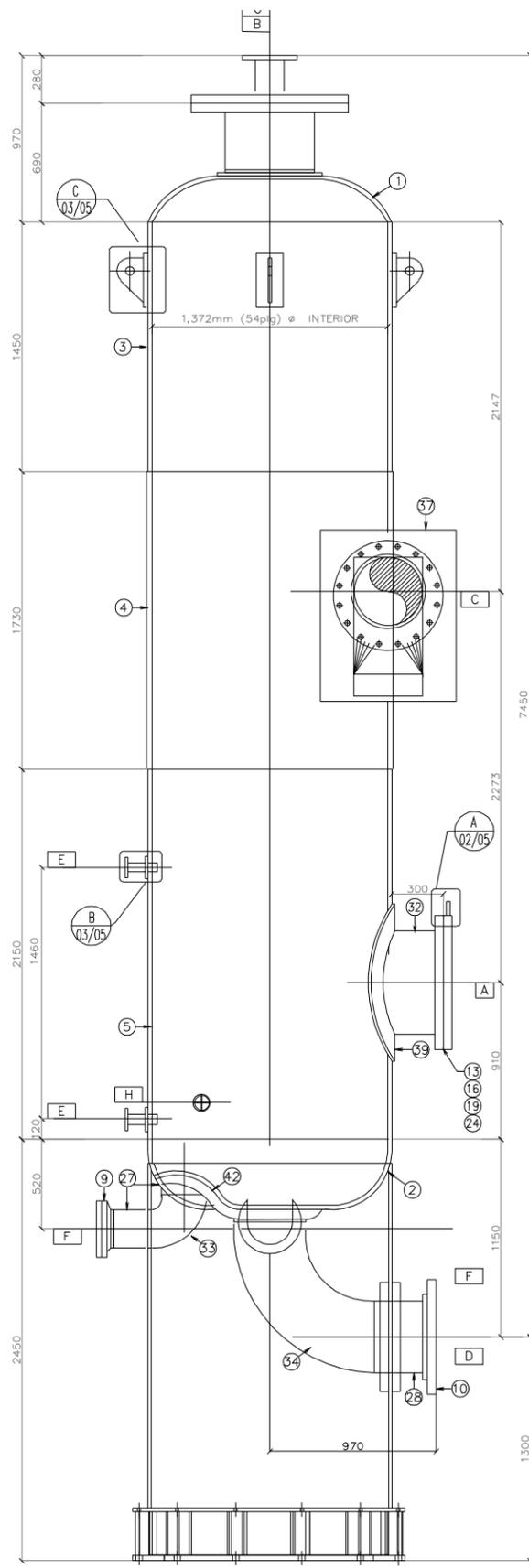
## 2.2. RESULTADOS OBTENIDOS EN SEPARADOR

Con estos resultados se tiene que el separador “CG-210-035”.

Número de Identificación:	<b>SP-210-035</b>
Tipo de Separación:	<b>Primaria</b>
Material:	<b>SA-285, Gr.C</b>
Esfuerzo Permisible:	<b>13,800 lb/cm<sup>2</sup> (970 kg/cm<sup>2</sup>)</b>
Tipo de Tapa:	<b>Elipsoidal</b>
Diámetro interior del Separador:	<b>54” (137 cm) de diámetro</b>
Espesores Obtenidos (Presión máxima Calculada en kg/cm <sup>2</sup> ):	<b>2,01 cm (28,38 kg/cm<sup>2</sup>) 2,05 cm (24,24 kg/cm<sup>2</sup>) 3,45 cm (40,31 kg/cm<sup>2</sup>) 2,08 cm (24,59 kg/cm<sup>2</sup>) 2,23 cm (31,48 kg/cm<sup>2</sup>)</b>
Presión Máxima de Operación:	<b>24,24 kg/cm<sup>2</sup></b>
Temperatura Máxima de Operación:	<b>223 °C</b>

Con este procedimiento se evaluó a 144 separadores más para su acreditación ante las autoridades competentes correspondientes a la entidad.

***A continuación se presentan los Planos No. 3 y 4 para la descripción de las dimensiones específicas del separador en hoja***



ELEVACION PRINCIPAL

MARCA BOQUILLA	CANT	DIAM	BRIDA		BOQUILLA		CUELLO REF.		SERVICIO	
			RANGO	MATERIAL	MATERIAL	ESP	DIAM	mm		mm
A	1	610	24	TDCR 300	A-105	XS	A-53 GR. B	19	914	REGISTRO HOMBRE
B	1	508	20	TDCR 300	A-105	30	A-53 GR. B	19	813	DOMO SUPERIOR
C	1	457	18	TDCR 300	A-105	PL	A-285 GR. C			ENTRADA DE MEZCLA
D	1	406	16	TDCR 300	A-105	30	A-53 GR. B	19	711	SALIDA DE VAPOR
E	2	51	2	TDCR 300	A-105	160	A-53 GR. B	9.5	152	TOMAS DE NIVEL
F	2	254	10	TDCR 300	A-105	60	A-53 GR. B	19	533	SALIDA DE AGUA FONDO
G	1	152	6	TDCR 300	A-105	80	A-53 GR. B	SIN	REF.	DISCO DE RUPTURA
H	1	76	3	TDCR 300	A-105	30	A-53 GR. B	SIN	REF.	CANCELACION

SIMBOLOGÍA

- A BOQUILLA "D"
- 3 MATERIAL
- A/XX/YY DETALLE "A" HOJA XX DE XX
- A/XX/YY INDICACIÓN DE CORTE A-A' HOJA XX DE XX

DATOS TÉCNICOS

- 1.- FABRICACIÓN SEGÚN CÓDIGO ASME SECCIÓN VIII ÚLTIMA EDICIÓN
- 2.- PRESIÓN MÁXIMA DE OPERACIÓN 2396 kPa MANOMÉTRICA
- 3.- TEMPERATURA MÁXIMA DE OPERACIÓN 219 °C
- 4.- RELEVADO DE ESFUERZOS MEDIANTE TRATAMIENTO TÉRMICO
- 5.- RADIOGRAFIADO DE TODAS LAS SOLDADURAS DEL SEPARADOR AL 100%

NOTAS GENERALES

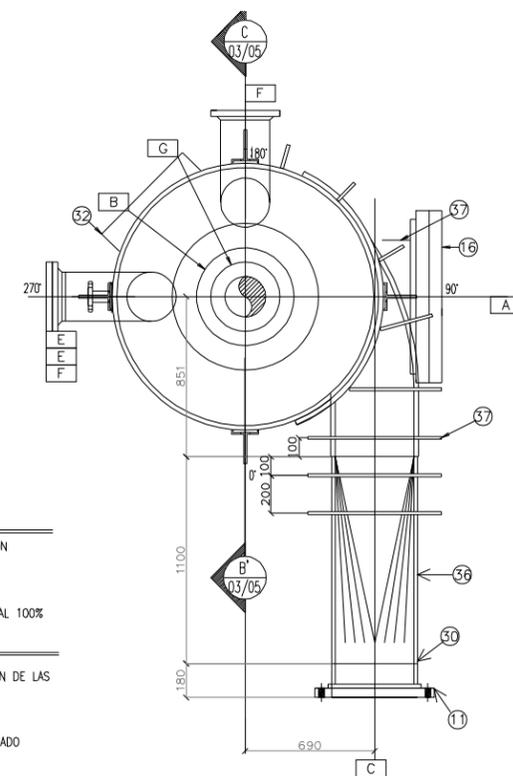
- 1.- TODAS LAS ACOTACIONES ESTÁN EN MILÍMETROS, A EXCEPCIÓN DE LAS INDICADAS EN OTRAS UNIDADES.
- 2.- TODAS LAS BRIDAS ESTÁN COLOCADAS A HORCAJADAS SIN COINCIDIR CON LOS EJES.
- 3.- EL AISLAMIENTO EN CUADRICULADO DE 609mm ESTÁ SOPORTADO EN TUERCAS DE 1/2"φ
- 4.- LOS ESPESORES INDICADOS SON LOS MÍNIMOS EXISTENTES EN CADA PIEZA
- 5.- SEPARADOR CON FALDON, VER DETALLE DE FALDON EN EN HOJA 04/05
- 6.- TODA LA PARTE EXTERIOR DEL FALDON SE LIMPIO CON CHORRO DE ARENA DANDO UN ACABADO A METAL BLANCO, POSTERIORMENTE SE APLICA PRIMARIO ANTICORROSIVO PARA TEMPERATURA AMBIENTE, DE ACUERDO A LAS ESPECIFICACIONES CON ESPESOR DE 2 MILS.
- 7.- LA PRESIÓN MÁXIMA DE OPERACIÓN Y LA TEMPERATURA MÁXIMA DE OPERACIÓN SE TOMARON DEL REPORTE DE LABORATORIO

NOMENCLATURA

- A.C. ACERO AL CARBONO
- A.I. ACERO INOXIDABLE
- CED. CÉDULA
- DIAM. DIÁMETRO
- D.E. DIÁMETRO EXTERIOR
- D.I. DIÁMETRO INTERIOR
- ESP. ESPESOR
- EXT. EXTERIOR
- INT. INTERIOR
- NOM. NOMINAL
- R.H. REGISTRO HOMBRE
- TDCR. BRIDA TIPO DESLIZABLE CARA REALZADA

LISTADO DE MATERIALES

1	TAPA ELIPSOIDAL DE A.C. DE DIÁMETRO INTERIOR DE 1,372mm (54plg) Y ESPESOR DE 26.4mm	A-285 Gr. C
2	FONDO ELIPSOIDAL DE A.C. DE DIÁMETRO INTERIOR DE 1,372mm (54plg) Y ESPESOR DE 26.4mm	A-285 Gr. C
3	ANILLO No.-1 DE PLACA A.C. DE DIÁMETRO INTERIOR DE 1,372mm (54plg) Y ESPESOR DE 33.8mm	A-285 Gr. C
4	ANILLO No.-2 DE PLACA A.C. DE DIÁMETRO INTERIOR DE 1,372mm (54plg) Y ESPESOR DE 34.0mm	A-285 Gr. C
5	ANILLO No.-3 DE PLACA A.C. DE DIÁMETRO INTERIOR DE 1,372mm (54plg) Y ESPESOR DE 20.7mm	A-285 Gr. C
6	CANCELADO	
	BRIDA FORJADA DE A.C. TIPO DESLIZABLE, CON CARA REALZADA Y DIMENSIONES DE ACUERDO A LA NORMA ANSI B 16.5, DE:	A-105
7	51mm (2plg) φ CLASE 300 (TOMAS DE NIVEL)	
8	152mm (6plg) φ CLASE 300 (DISCO ROMPIENTO)	
9	254mm (10plg) φ CLASE 300 (SALIDA DE AGUA SEPARADA Y BLOQUEADA)	
10	406mm (16plg) φ CLASE 300 (SALIDA DE VAPOR)	
11	457mm (18plg) φ CLASE 300 (ENTRADA TANGENCIAL)	
12	508mm (20plg) φ CLASE 300 (TAPA SUPERIOR)	
13	610mm (24plg) φ CLASE 300 (ENTRADA HOMBRE)	
	BRIDA FORJADA DE A.C. TIPO CIEGA CON CARA REALZADA Y DIMENSIONES DE ACUERDO A LA NORMA ANSI B16.5, DE:	A-105
14	254mm (10plg) φ CLASE 300 (SALIDA DE AGUA SEPARADA BLOQUEADA)	
15	508mm (20plg) φ CLASE 300 CON ORIFICIO PARA TUBERIA DE 152mm (6plg) φ NOM.(TAPA SUPERIOR)	
16	610mm (24plg) φ CLASE 300 (ENTRADA HOMBRE)	
17	BRIDA FABRICADA CON PLACA DE A.C. DE 13mm (1/2plg) PARA BRIDA DE 508mm (20plg) φ DE ACUERDO A LA NORMA ANSI B16.5, ESPÁRRAGO DE ACERO ALEADO, CON DOS TUERCAS HEXAGONALES DE A.C. DE:	A-285 Gr. C
	ESPÁRRAGO DE ACERO ALEADO,	A-193 Gr. B-7
	CON DOS TUERCAS HEXAGONALES DE A.C. DE:	A-194 Gr. 2H
18	32mm (1 1/4plg) φ X 229mm (9plg) LONG. (BRIDA DE 508mm (20plg) φ CLASE ANSI 300)	
19	38mm (1 1/2plg) φ X 229mm (9plg) LONG. (BRIDA DE 610mm (24plg) φ CLASE ANSI 300)	
20	25mm (1plg) φ X 165mm (6 1/2plg) LONG. (BRIDA DE 254mm (10plg) φ -CLASE ANSI 300)	
21	TORNILLO DE MÁQUINA DE 19mm (3/4plg) φ X 51mm (2plg) LONG. CON UNA TUERCA HEXAGONAL	A-193 Gr. B-7
	EMPAQUE TIPO FLEXITALIC DE AC. INOX. RELLENO CON TEFLON P/BRIDA DE:	A-304
22	254mm (10plg) φ CLASE 300 (SALIDA BLOQUEADA DE AGUA SEPARADA)	
23	508mm (20plg) φ CLASE 300 (TAPA SUPERIOR)	
24	610mm (24plg) φ CLASE 300 (ENTRADA HOMBRE)	
	TUBERIA DE A.C. SIN COSTURA DE:	A-53 GR. B
25	51mm (2plg) φ CEDULA 160 (TOMAS DE NIVEL)	
26	152mm (6plg) φ CEDULA 80 (DISCO RUPTURA)	
27	254mm (10plg) φ CEDULA 60 (SALIDA DE AGUA SEPARADA Y BLOQUEADA)	

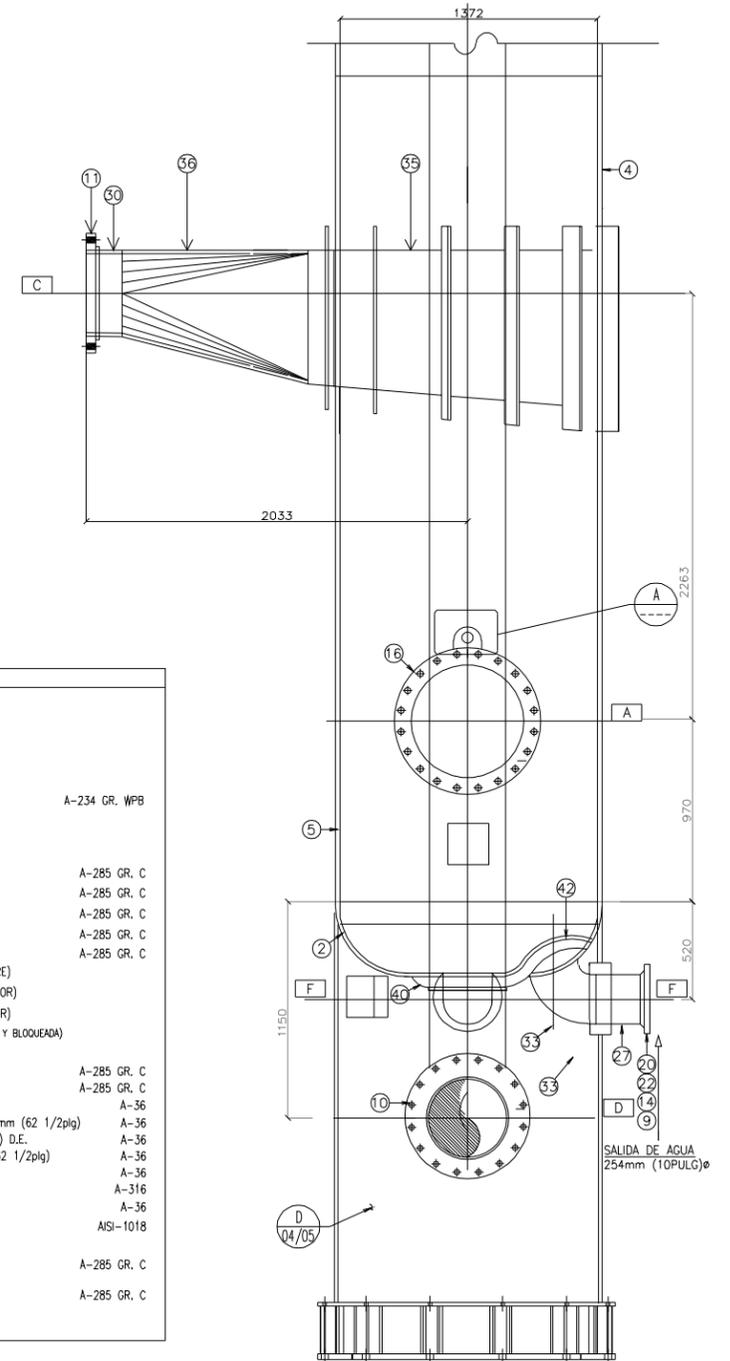


PLANTA ORIENTACION DE BOQUILLAS

LISTADO DE MATERIALES

28	406mm (16plg) φ CEDULA 30 (SALIDA DE VAPOR)	
29	406mm (16plg) φ CEDULA 40 (SALIDA DE VAPOR)	
30	457mm (18plg) φ CEDULA 60 (ENTRADA TANGENCIAL)	
31	508mm (20plg) φ CEDULA 30 (DOMO SUPERIOR Y FALDON)	
32	610mm (24plg) φ CEDULA XS (ENTRADA HOMBRE Y FALDON)	
	CODO FORJADO DE A.C. RADIO LARGO, EXTREMOS BISELADOS PARA SOLDAR A TOPE DE:	A-234 Gr. WPB
33	254mm (10plg) φ CEDULA 60 (SALIDA DE AGUA SEPARADA Y BLOQUEADA)	
34	406mm (16plg) φ CEDULA STD. (SALIDA DE VAPOR)	
35	ENTRADA TANGENCIAL DE A.C. DE 32mm (1 1/4plg) DE ESPESOR	A-285 GR. C
36	CUELLO DE CONVERSIÓN DE A.C. DE 19mm (3/4plg) DE ESPESOR	A-285 GR. C
37	PLACAS DE REFUERZO DE A.C. DE 25mm (1plg) DE ESPESOR	A-285 GR. C
38	ANILLO DE SOPORTE DE A.C. DE D.I.= 410mm (16 1/8plg) φ Y ESP. DE 10mm (3/8plg) CUELLO DE REFUERZO DE PLACA DE A.C. DE:	A-285 GR. C
39	D.I.=610mm (24plg), D.E.=914mm (36plg) Y ESPESOR 19mm (3/4plg) (ENTRADA HOMBRE)	
40	D.I.=406mm (16plg), D.E.=711mm (28plg) Y ESPESOR 19mm (3/4plg) (SALIDA DE VAPOR)	
41	D.I.=508mm (20plg), D.E.=813mm (32plg) Y ESPESOR 19mm (3/4plg) (DOMO SUPERIOR)	
42	D.I.=273mm (10 3/4plg), D.E.=533mm (21plg) Y ESPESOR 19mm (3/4plg) (SALIDA DE AGUA SEPARADA Y BLOQUEADA)	
43	D.I.=60mm (2 3/8plg) Y D.E.=152mm (6plg) DE 10mm (3/8plg) ESP. (TOMAS DE NIVEL)	
44	ANILLO DE A.C. DE D.I.=412.75mm (16 1/4plg) Y ESPESOR DE 9.53mm (3/8plg)	A-285 GR. C
45	SOPORTES DE ACERO AL CARBONO DE 25mm (1plg) X 25mm (1plg)	A-285 GR. C
46	OREJA DE PLACA DE A.C. A-36 DE 19mm (3/4plg) DE ESPESOR.	A-36
47	BASE FALDON DE A.C. DE 31.75mm (1 1/4plg) ESP. D.I. 1,219mm (48plg) Y D.E. 1,588mm (62 1/2plg)	A-36
48	SOPORTE FALDON DE PLACA DE A.C. DE 19.05mm (3/4plg) DE ESP. DE 1,422mm (56plg) D.E.	A-36
49	PLACA DE A.C. DE 19.05mm (3/4plg) DE ESP. D.I. 1,422mm (56plg) Y D.E. 1,588mm (62 1/2plg)	A-36
50	COSTILLAS DE REFUERZO DE A.C. DE 19.05mm (3/4plg) DE ESPESOR.	A-36
51	PLACA DE ACERO INOXIDABLE DE 1/16" DE ESPESOR	A-316
52	PLACA DE ACERO AL CARBON DE 1/8" DE ESPESOR	A-36
53	CANCELADO	ANSI-1018
54	CANCELADO	
55	CUELLO DE REFUERZO DE PLACA DE A.C. DE 25mm (1plg) DE ESPESOR Y DE 200 mm DE ANCHO.	A-285 GR. C
56	CANCELADO	A-285 GR. C

MARCA BOQUILLA	CANT	DIAM	BRIDA		BOQUILLA		CUELLO REF.		SERVICIO	
			RANGO	MATERIAL	MATERIAL	ESP	DIAM	mm		mm
A	1	610	24	TDCR 300	A-105	XS	A-53 GR. B	19	914	REGISTRO HOMBRE
B	1	508	20	TDCR 300	A-105	30	A-53 GR. B	19	813	DOMO SUPERIOR
C	1	457	18	TDCR 300	A-105	PL	A-285 GR. C			ENTRADA DE MEZCLA
D	1	406	16	TDCR 300	A-105	30	A-53 GR. B	19	711	SALIDA DE VAPOR
E	2	51	2	TDCR 300	A-105	160	A-53 GR. B	9.5	152	TOMAS DE NIVEL
F	2	254	10	TDCR 300	A-105	60	A-53 GR. B	19	533	SALIDA DE AGUA FONDO
G	1	152	6	TDCR 300	A-105	80	A-53 GR. B	SIN	REF.	DISCO DE RUPTURA
H	1	76	3	TDCR 300	A-105	30	A-53 GR. B	SIN	REF.	CANCELACION



CORTE A-A' (VISTA LATERAL)



### 3.0. DISTRIBUCIONES O METODOLOGÍAS DE SISTEMAS DE SEPARACIÓN A NIVEL GLOBAL

En este tema se hace referencia a los sistemas de separación instalados en los campos geotérmicos alrededor del mundo, donde se encontró los diferentes tipos y posibilidades de separación de flujo bifásico, esto acorde a la evolución del yacimiento, lugar, necesidades técnicas y ambientales.

Se encontraron dos tipos de sistemas utilizados a nivel internacional, los cuales son:

- **Sistemas de Separación sobre Plataforma**
- **Sistemas de Separación a distancia**

#### Separación sobre plataforma del pozo:

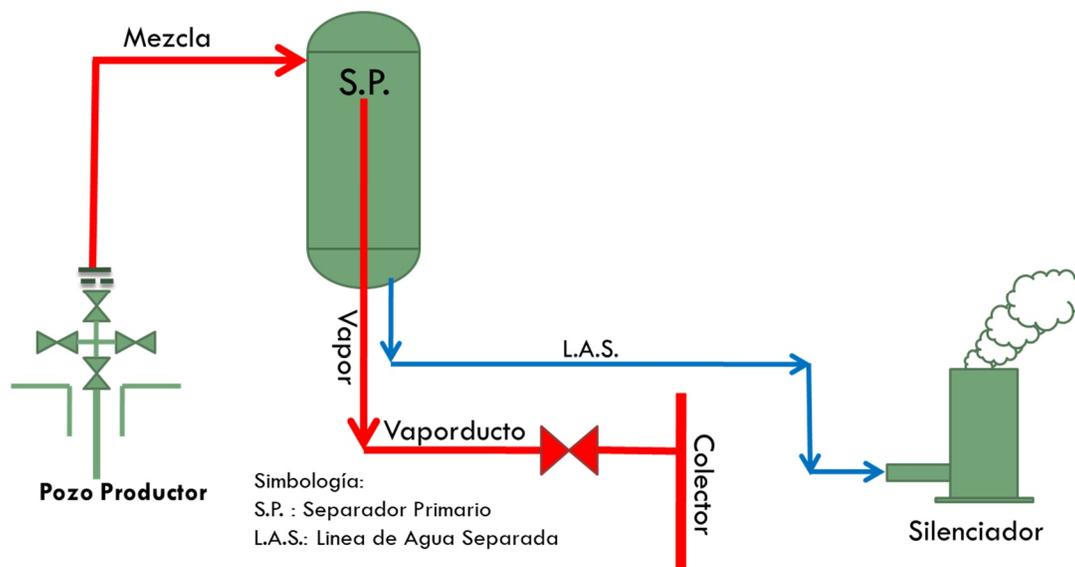
##### Ventajas:

- Instalaciones Sencillas
- Fácil mantenimiento
- Fácil operación

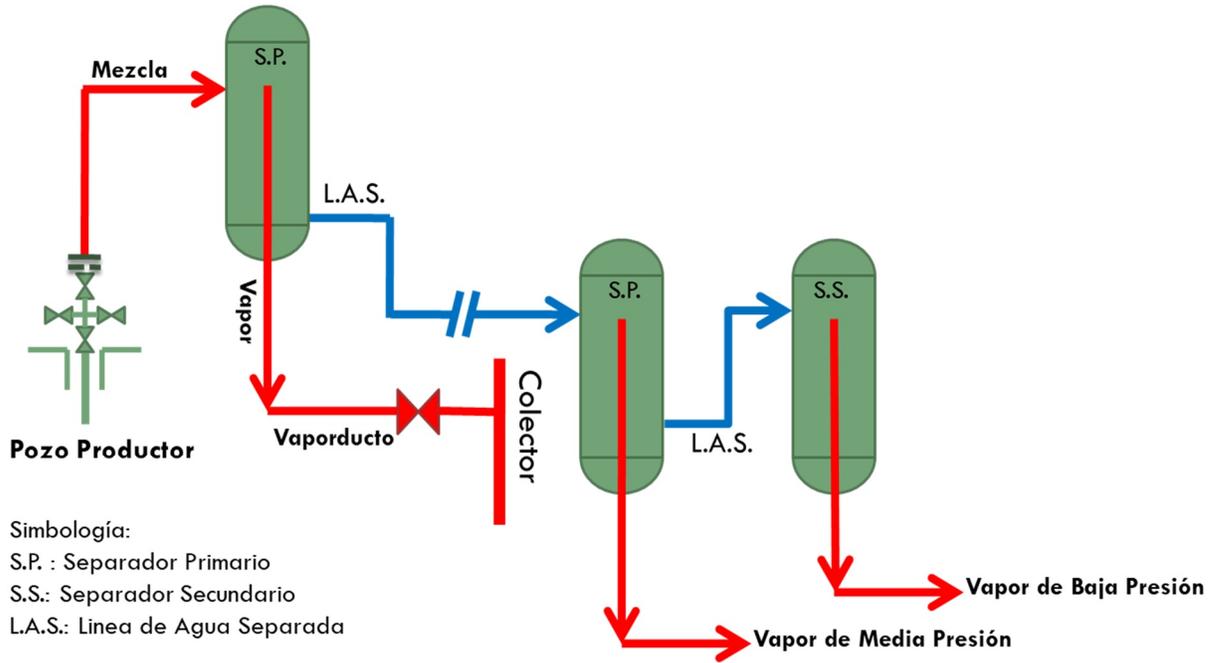
##### Desventajas:

- Dificultad para aprovechar energía residual
- Impedimentos ambientales en pozos cercanos a los linderos
- Requiere de infraestructura de vaporductos y canales cercanos al pozo
- Requiere un sistema de recolector de purgas

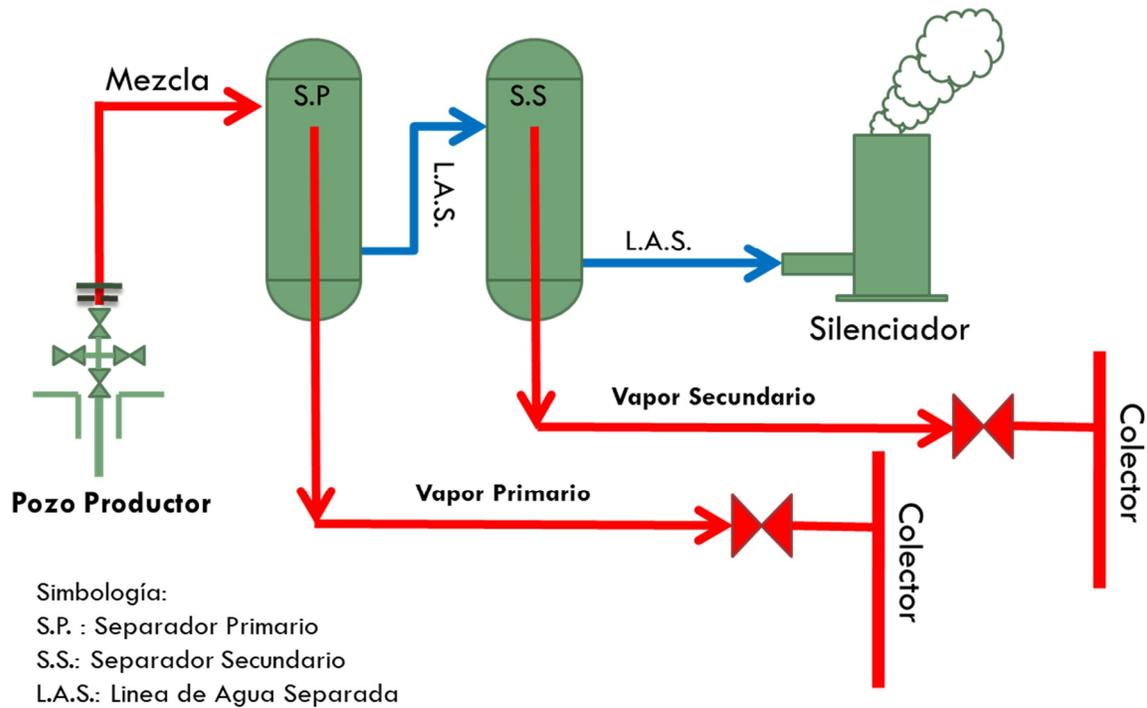
### 3.1. SEPARACIÓN SENCILLA



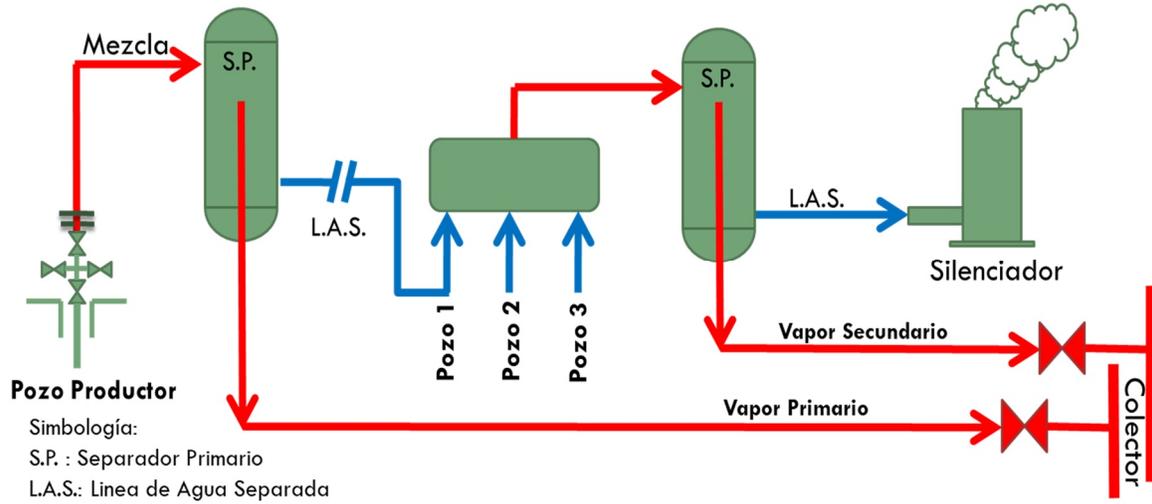
### 3.2 SEPARACIÓN SENCILLA Y LÍNEA DE AGUA SEPARADA



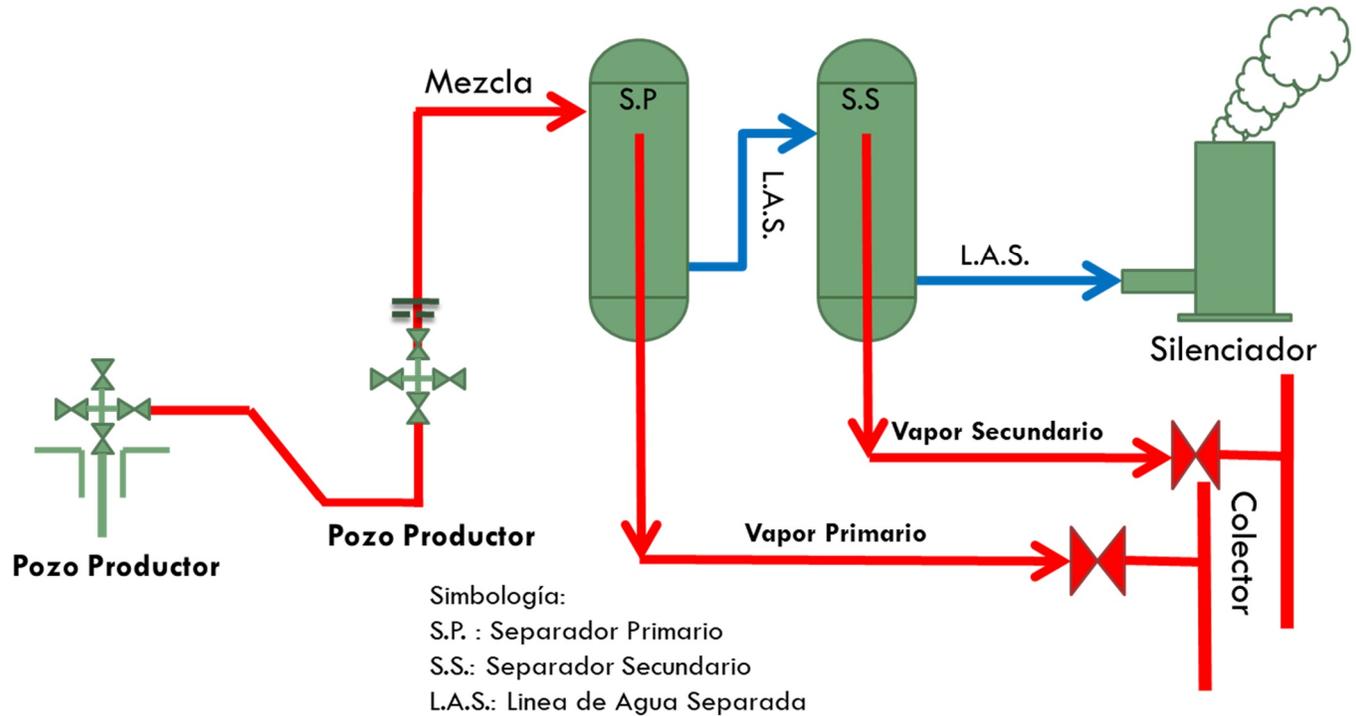
### 3.3 DOBLE SEPARACIÓN



### 3.4 SEPARACIÓN SENCILLA Y SITIÓ DE SEPARACIÓN



### 3.5. LÍNEA DE MEZCLA CORTA (POZOS GEMELOS)



## SEPARACIÓN A DISTANCIA:

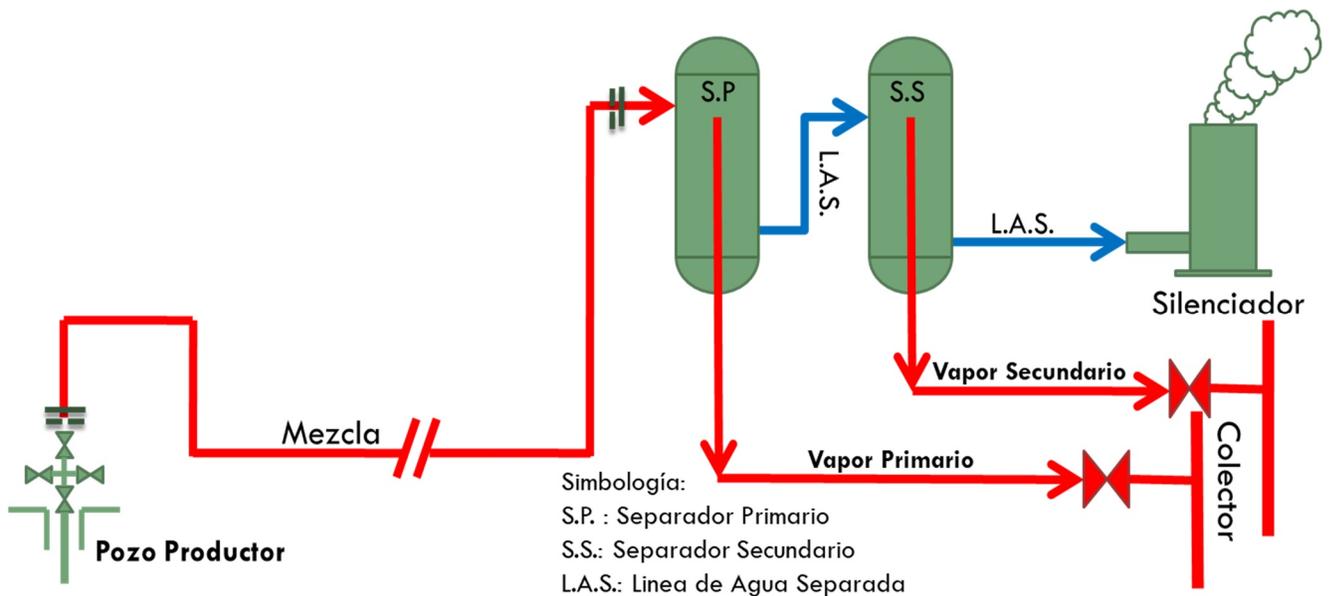
### Ventajas:

- Facilidad para aprovechar la energía residual
- Reduce significativamente los impactos ambientales principalmente en los linderos del campo (Ruido continuo y potencial, Impacto visual y Contaminación del terreno)
- No requiere de infraestructura de vaporductos cercana al pozo
- No requiere de purgas
- Se reduce la contaminación del suelo
- Este tipo de separación concentra instalaciones en un sitio
- Facilidad de acceso para intervención de pozos

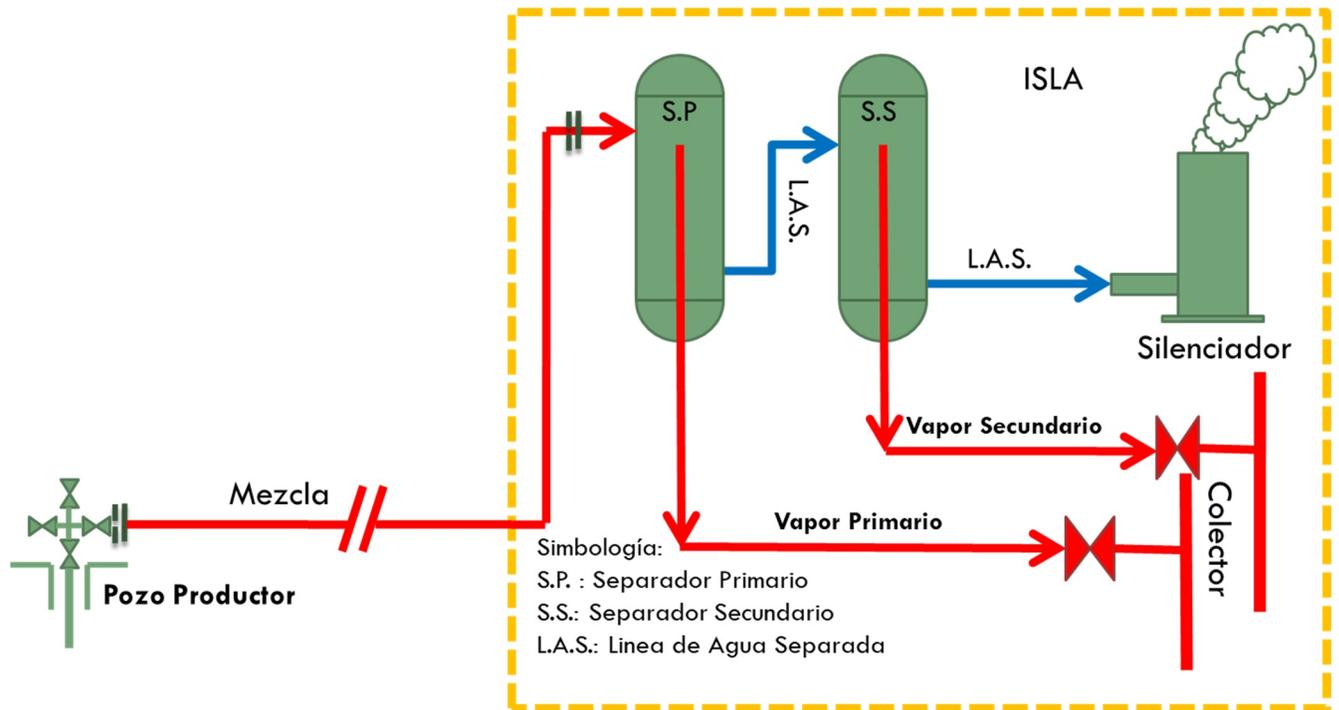
### Desventajas:

- Requiere una mayor capacitación del personal para su operación
- Menor Facilidad de acceso de los equipos de mantenimiento

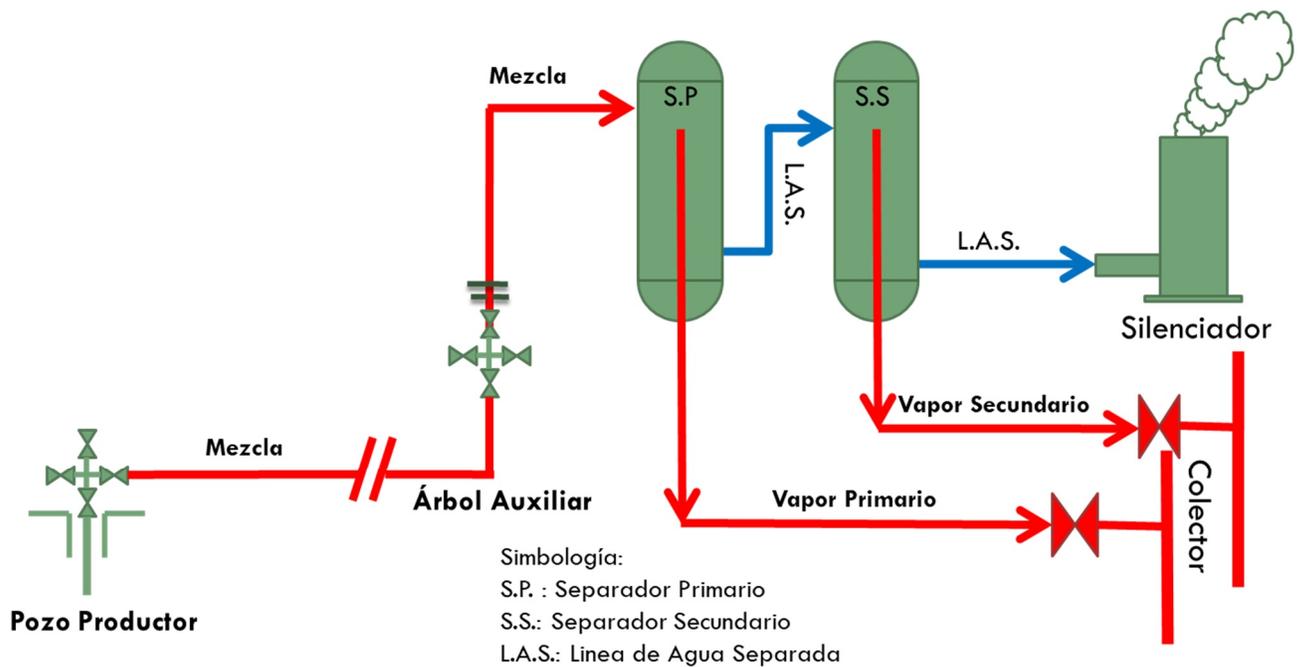
## 3.6. MEZCLADUCTOS Y PLATAFORMAS AUXILIARES



### 3.7. MEZCLADUCTOS E ISLAS DE SEPARACIÓN



### 3.8 LÍNEA DE MEZCLA (LARGA)



## 4.0 INVESTIGACIÓN Y CALCULOS

### 4.1. INVESTIGACIÓN SOBRE SEPARADORES TIPO WEBRE [2]

Dentro de los conceptos más importantes y probablemente menos contextualizados son las necesidades básicas o mínimas requeridas para una instalación superficial de un sistema de separación de un fluido geotérmico, ya que de esto depende la cantidad de exergía extraída del sistema y que tan eficiente puede ser nuestro sistema de separación, transporte y sequedad del vapor, es decir, la calidad y cantidad de energía (vapor) perdemos en el transporte de ello y que tanta materia podemos disponer para la generación de energía eléctrica.

Por ello se realizó una investigación de las instalaciones principales de equipos de separadores y secadores de vapor son dos de los equipos más importantes usados para el acondicionamiento del vapor que se envía a las unidades generadoras en los campos geotérmicos de líquido dominante, y los de tipo ciclónico vertical (Webre) son los más usados a nivel internacional.

La mayoría de los campos geotérmicos en el mundo son de líquido dominante, y producen una mezcla de líquido y vapor. Para alimentar de vapor a las turbinas de las centrales generadoras, la fracción líquida es removida de la mezcla mediante el uso de equipos de separación que son normalmente centrífugos o de tipo Webre. La remoción de la fase líquida a su vez permite la eliminación de las sales y sólidos que pueden causar incrustaciones y corrosión dentro de los equipos de proceso, principalmente de las turbinas, siempre que los equipos de separación funcionen adecuadamente.

Se realizó la búsqueda, selección y análisis de literatura disponible sobre campos geotérmicos de líquido dominante, con énfasis especial en casos donde operan separadores y secadores tipo Webre, debe incluirlo sus condiciones de operación y recomendaciones de diseño.

En 1961, Bangma estableció que los separadores ciclónicos con descarga de vapor en la parte inferior del equipo (BOC, por su nombre en inglés) tenían una serie de ventajas en comparación con aquellos que tenían la descarga en la parte superior. Entre esas ventajas destaca su simplicidad (ausencia de accesorios internos) con lo que se evitan problemas de corrosión y erosión que podrían afectar el buen funcionamiento del equipo. Consecuentemente, esta simplicidad implicaba un menor costo. Después de analizar teóricamente las variables que afectarían el comportamiento de los BOC, Bangma llegó a la conclusión que la calidad del vapor separado era una función de la relación agua-vapor de la mezcla y la velocidad de entrada de esta al separador (Bangma, 1961).

Una de las variables que le interesaba era la caída de presión, la cual se incrementa con las variables arriba mencionadas. De tal manera decidió llevar a cabo pruebas con un separador piloto de 30 pulgadas en los campos geotérmicos de Wairakei y Kawerau con el propósito de obtener parámetros de diseño de separadores de mayores dimensiones. Además, se llevaron a cabo pruebas específicas para evaluar el comportamiento de la geometría de entrada al separador: (a) entrada tangencial y (b) entrada espiral. En esta serie de pruebas se utilizó una tubería de entrada de 10 pulgadas de diámetro, en cada caso, y se determinó el diámetro del separador y la altura del tubo interior de descarga de vapor, que representarían la mayor eficiencia de separación en términos de la calidad del vapor. Es importante destacar que en este artículo se presentan una serie de gráficas, cuyo análisis permitió a Bangma proponer las dimensiones que debería tener un BOC en términos relativos al diámetro de entrada de la mezcla.

Los resultados de las pruebas en el separador de 30 pulgadas de diámetro, utilizando mezcla de agua-vapor con un 3.5% en volumen de agua, indicaron que la velocidad óptima de entrada del vapor al separador era de 220 pies/s, la cual produciría una calidad mayor de 99.5%. Las dimensiones recomendadas para un diámetro de entrada,  $D$ , serían: (1) diámetro de separador =  $3D$ ; (2) diámetro de la tubería de salida de agua y vapor =  $D$ ; (3) longitud del tubo interior de descarga de vapor =  $4D$  (por encima de la entrada de mezcla); (4) ubicación de la tubería de descarga de agua =  $3D$  (por debajo de la entrada de mezcla).

**Awerbuch (1982)** presentan un estudio de diseño de separadores de vapor y el análisis de la aplicación de los separadores en dos casos de diseño de plantas de 50 MW. El primer caso representado por la presencia de alta salinidad y alta temperatura, y el segundo caso representado por la presencia de baja-media salinidad y media temperatura. Se exponen los requerimientos de diseño de separadores de vapor tipo ciclónico, la guía para la selección y diseño de un separador, los objetivos de prueba, la metodología del cálculo de la eficiencia de separación, el diseño de una unidad de prueba, el análisis químico y el desarrollo de un programa de pruebas aplicado a un pozo de East Mesa, al sur de California.

Los resultados del diseño y prueba realizados a un separador, indican que existen dos parámetros que afectan la eficiencia de separación: la velocidad de entrada del fluido en dos fases y la fracción de masa de líquido en la mezcla entrante. La principal recomendación para el diseño del separador es usar una alta velocidad de entrada de mezcla para mejorar la eficiencia de separación, lo que permite también ahorros de costos. Se concluye que para entradas de separadores de 12 pulgadas las velocidades deben ser de 18 m/s. Cuando la salmuera tiene alta salinidad o alto contenido de sílice, se requiere un separador secundario.

En otro trabajo, **Lazalde-Crabtree (1984)** muestra sus resultados a detalle sobre las características de diseño de separadores agua-vapor y de los secadores de vapor tipo Webre para aplicaciones geotérmicas. Este trabajo empírico presenta una serie de guías, por ejemplo: diseño de proceso, procedimiento de cálculos, diseño de los parámetros recomendados, diseño mecánico y/o civil, específicamente las características de espesores del equipo. También se exponen las metodologías y bases de los mecanismos que rigen el funcionamiento de los equipos.

El trabajo de Lazalde-Crabtree tiene como objetivo fundamental garantizar la calidad de vapor separado requerida por el proyecto o hasta en un 99.9%. Las metodologías desarrolladas en este trabajo permiten diseñar equipos más económicos, considerando la menor caída de presión posible. Se debe incluir un ejemplo de diseño de un separador secundario que garantiza una calidad de vapor de un 99.95%. Este ejemplo debe incluir características como el diseño de dimensiones, cálculos de eficiencia centrífuga, diámetro de gota, patrón de flujo, eficiencia, calidad del vapor de salida, velocidades de líquido, vapor y mezcla, caída de presión.

**Buendía (1985)** realizó una serie de estudios enfocados a determinar el comportamiento de los secadores de la Unidad 1 de Cerro Prieto Dos (CPD), ya que se habían presentado problemas de incrustación en el filtro que se encuentra a la entrada de la turbina. Las principales actividades fueron: (1) determinar la calidad del vapor de manera química y calorimétrica, y (2) análisis químicos de las incrustaciones muestreadas. Las pruebas se realizaron a diferentes cargas de la turbina: 25, 40 y 100 MW.

Los resultados de las pruebas indican un buen comportamiento de los secadores desde el punto de vista de la eliminación de la humedad, ya que la calidad del vapor medido fue del orden de 99.99%. Sin embargo, el problema principal es la pureza del vapor, ya que las eficiencias de separación de sólidos fueron del orden del 33%, para la calidad arriba mencionada. Los análisis químicos de las incrustaciones indican diversos productos de corrosión, que se consideró tenían su origen en la formación y estancamiento de vapor condensado. La evaluación de los métodos para la determinación de la calidad indica que el método químico es el más adecuado para medir la pureza del vapor, mientras que el calorimétrico lo es para la humedad. Buendía recomienda evitar el ingreso de oxígeno en las tuberías y llevar a cabo el soplado en forma segura, de tal manera que no haya riesgo de ingreso de sólidos a la turbina. Además, es conveniente instalar purgas entre el secador y los filtros, así como también monitorear la calidad por medio de conductímetros.

**Buendía y Gutiérrez (1986)** llevaron a cabo un estudio para determinar los criterios para el diseño de deshumidificadores para uso geotérmico. Hicieron una revisión de los equipos que se utilizan en centrales geotérmicas instaladas en diversos países tales como Japón, Italia, Estados Unidos, Nueva Zelanda, El Salvador y México. En el caso de los equipos instalados en México, se revisó con detalle los instalados en los campos geotérmicos de Cerro Prieto y Los Azufres. El estudio de casos analiza algunas de las variables que diferencian a cada aprovechamiento, tales como las características de la salmuera y las condiciones de operación. Los criterios para el diseño de deshumidificadores toman en cuenta los siguientes parámetros: (1) grado de mantenimiento, (2) caída de presión, (3) número de accesorios, (4) eficiencia de separación, (5) tamaño de partícula a separar, (6) gastos de operación, (7) limitaciones para presión, (8) velocidad de entrada del vapor, (9) causas de falla posibles, (10) efectos de las fluctuaciones del flujo (presión, gasto), (11) partes móviles, (12) técnicas de operación, y (12) vida útil del equipo. Se sometieron al análisis cuatro tipos de equipos: (a) gravitacional, (b) impacto inercial, (c) centrífugo, y (c) lavado de vapor.

El resultado fue que los separadores centrífugos de tipo Webre eran los más adecuados, por su simplicidad, alta eficiencia de separación, bajo costo de operación y mantenimiento. Pero una de las desventajas de estos separadores es su baja eficiencia en la separación de partículas sólidas inferiores a 10 micras. En este informe se presente en forma detallada la metodología para el diseño de deshumidificadores, la cual debe incluir los criterios (entrada de vapor húmedo tangencial con sección circular, salida de agua en la cabeza inferior, etc.). Además, se establecen los parámetros de diseño, tales como la velocidad de entrada del vapor, que no debe exceder de 60 m/s y preferiblemente que sea entre 35 y 50 m/s, la velocidad de ascenso del vapor no debe exceder 6 m/s, recomendándose entre 1.25 y 4 m/s. También se establecen las relaciones geométricas de las partes del secador, en términos del diámetro de entrada de la mezcla.

**Cáceres (1988)** presenta el análisis de la información de la variación de la calidad de vapor separado en el Campo Geotérmico de Ahuachapán, El Salvador, durante diez años. Desde la puesta en marcha del campo, los separadores tipo Webre fueron diseñados para un flujo de entrada. Con el transcurso del tiempo, las características de salida de vapor de pozos han cambiado, por lo que el rendimiento de los separadores también. Se analizan variaciones en el rendimiento para verificar el diseño o rediseño de los separadores basados en la metodología básica: Bangma (1961), Awerbuchet (1982) y Lazalde-Crabtree (1984). Su principal conclusión de diseños de separadores se basa en la metodología de cálculo de Hugo Lazalde-Crabtree.

**Ayodo (1992)** diseñó un sistema de separación central eficiente. Para el diseño de los separadores, se toma como mejor opción a los separadores tipo Webre, ya que la velocidad de vapor es de 20 a 40 m/s del campo geotérmico de Olkaria en su parte noreste. Se realiza a detalle la descripción de la estructura geológica, la distribución de la presión y la temperatura del campo, el análisis

geoquímico de flujo y vapor, la hidrología, las características del campo (litología y acuíferos), las características de descarga de pozos, el modelo del yacimiento, se describe el diseño del sistema de tuberías, las características físicas de las tuberías, el cálculo de la caída de presión del flujo a dos fases y se calculan los costos. En este documento se especifica el diseño y construcción de separadores tipo Webre con base en los procedimientos de cálculo de Lazalde-Crabtree. Esta metodología es la recomendada en este trabajo por garantizar las mejores condiciones de operación de equipos.

**Henríquez (1997)** determina las presiones óptimas para la operación técnica de la central geotermoeléctrica del campo de Berlín, El Salvador. Se realizan los cálculos y la guía de optimización para seleccionar la primera planta de condensado en el campo. Se hace una descripción detallada del campo geotérmico, el diseño de la planta (flasheo simple), de la entrada de presión óptima a la turbina, del diseño y características de la turbina de vapor, de la eficiencia de la conversión de la energía, del sistema de enfriamiento, el diseño de las torres de enfriamiento, los condensadores y los cálculos del consumo de energía. Una de las consideraciones de diseño más importante es la pureza del vapor, por lo que en este trabajo se utilizan separadores tipo ciclónicos. La referencia de diseño de estos equipos se basa en la información de los separadores instalados en Svartsengi, Islandia. La presión de operación en el separador debe ser de 11 bar.

**DiPippo (1999)** describe las condiciones de diseño, el rendimiento termodinámico y los factores económicos de la construcción y operación de las diferentes plantas geotérmicas: de vapor seco, flasheo simple, doble flasheo y ciclo binario. Se realiza una descripción de los equipos típicamente usados en cada uno de esos cuatro tipos. Los secadores tipo Webre se utilizan en los tres primeros tipos y los separadores tipo Webre se ocupan en las plantas de flasheo simple y doble.

**Sánchez (2002)** presentan un estudio sobre la importancia de los separadores, los secadores y los ductos de vapor en los campos geotérmicos en México, con el fin de mejorar las condiciones de pureza en la separación de agua-vapor y su eficiencia, y aumentar el suministro de vapor a las unidades de energía geotérmica. Se realiza un análisis del efecto transitorio en los equipos de separación del campo geotérmico de Los Azufres, de la corrosión ocurrida en el equipo superficial, y el análisis químico en las purgas ubicadas a lo largo de las tuberías.

**Foong (2005)** presenta el diseño conceptual y el funcionamiento de los separadores agua-vapor tipo Webre, y propone una nueva ecuación para calcular y mejorar la eficiencia de separación. Los diseños de separadores se aplican en el campo geotérmico de Wairakei, Nueva Zelanda, y se reporta una eficiencia de separación del 99.97%, donde el 0.03% es salmuera, para una planta de 100 MW. El diseño también reduce la caída de presión a través del separador y mejora el acceso para la inspección interna del separador. Se indica que el uso de los separadores tipo Webre inició a partir de los años 50. En este trabajo se especifica el desarrollo de un separador, utilizando la metodología de Bangma (1961).

Para el cálculo de la eficiencia del separador se utiliza la metodología de **Lazalde-Crabtree (1984)**. En este trabajo se especifica que la eficiencia del separador es un producto de la eficiencia mecánica y anular representada como una expansión de la ecuación inicial de Lazalde-Crabtree, válido solo si se producen mecanismos de separación en “paralelo” después de la separación inicial. La modificación al separador Webre presentada en este trabajo es la instalación de una placa o plato debajo el techo del separador y el drenado del fluido recolectado al centro del tubo de vapor hacia la principal corriente de salmuera. El uso de un sombrero invertido “chinaman” también podría mejorar la dinámica de entrada y posiblemente mejorar la caída de presión.

**Pointon (2009)** presentan el desarrollo de un programa de cómputo (CFD: Computational Fluid Dynamic) para el diseño y optimización de separadores ciclónicos tipo Webre. Esta herramienta computacional se basa en los métodos de diseño de separadores tradicionales con los cálculos de diseño de Lazalde-Crabtree (1984) y las características de Bangma (1961). El CFD se ha utilizado para suministrar las cargas estructurales para el análisis del elemento finito (FEA) de un separador. Los cálculos de diseño del trabajo de Lazalde-Crabtree predicen una separación del 99.955%. Esta información es la base principal del programa de cómputo del CFD con resultados de rendimientos muy favorables.

**Horie (2010)** describen las principales características de la separación, el sistema de lavado de vapor, el sistema de reinyección de salmuera, la generación de energía y el control del campo de vapor aplicado a la central del campo geotérmico de Kawerau, Nueva Zelanda. El trabajo indica que los separadores tipo Webre son los equipos usados en la industria geotérmica para eliminar la mayor cantidad de impurezas tales como salmuera y sílice. La correcta separación de estas impurezas previene que las turbinas salgan de mantenimiento en lapsos cortos de tiempo y que sus costos sean menores.

**Glassley (2010)** menciona en su libro que uno de los factores importantes en el rendimiento de los sistemas de generación es la calidad de vapor que entra a la turbina. También hace una breve descripción del funcionamiento de los separadores centrífugos y menciona algunas características de diseño recomendadas por Lazalde-Crabtree.

**Barrantes (2012)** menciona en su tesis la metodología, las relaciones geométricas y las consideraciones que deben tomarse en cuenta para diseñar un separador y un secador tipo Webre.

**DiPippo (2012)** menciona la importancia de la separación de la mezcla agua-vapor, puesto que el líquido arrastrado en el vapor es causa de incrustación y/o erosión en las tuberías y los componentes de la turbina. La calidad del vapor debe ser de un mínimo de 99.995%, y refiere los parámetros de diseño de los secadores y separadores tipo Webre de la metodología de Lazalde-Crabtree.

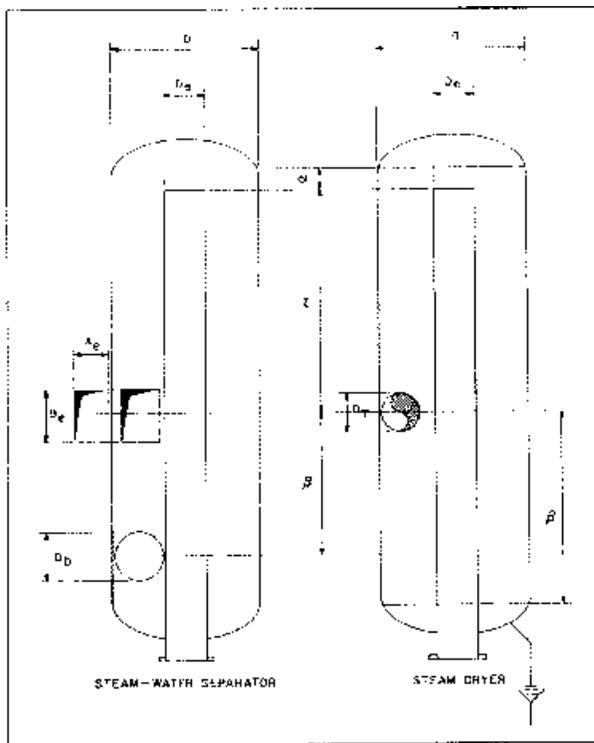
**En 2013 Purnanto y otros** presentan el desarrollo de un software para simular el movimiento del fluido de dos fases dentro de un separador ciclónico geotérmico. El software se llama CFD Fluent. Con las características del flujo de entrada el software verifica el cambio de flujo de entalpía, el rendimiento del separador y el efecto del rendimiento del separador con diferentes entradas. Con el fin de modelar el flujo de turbulencia como ocurre en el interior del separador, se implementa el modelo de turbulencia Renormalización Group (RNG)  $k-\epsilon$ . El desempeño de la simulación CFD se valida con el enfoque empírico de Lazalde-Crabtree. El modelo de turbulencia (Fluent RNG  $k-\epsilon$ ) es adecuado para usarse como un primer intento en el análisis del CFD. En el análisis se concluye que el CFD fue capaz de visualizar el comportamiento de las dos fases dentro del separador, una característica que no se puede tener en la aproximación empírica. Los patrones de distribución de presión y los perfiles de velocidad de acuerdo con la metodología existente y los resultados presentados indican que el CFD es una herramienta prometedora, que se puede utilizar para optimizar el diseño del separador.

Es por ello que la **norma ASME Código VIII**, se dan una serie condiciones y normativas para la construcción y diseño de los recipientes a presión las cuales se detallan a continuación.

## 4.2. DIMENSIONAMIENTO DE UN SEPARADOR VERTICAL [7]

Para el dimensionamiento de este separador se tomó como referencia una presión de 12 bar<sub>a</sub>, esta presión es la investigada en varios referencias bibliográficas donde la presión de entrada a turbina de varios sistemas geotérmicos ronda entre 7 a 11 bar<sub>a</sub>, y un rango de flujo bifásico de 325 t/hr (63 kg/s) a 525 t/hr (146 kg/s), los cálculos se realizaron con la metodología de cálculo de Hugo Lazalde-Crabtree, con el programa EES (Engineering Equation Solver), para ello se propuso un flujo estimado ideal para un separador ya determinado y en funcionamiento con dimensiones ya determinadas con ellos se fijaron los parámetros de la calidad, el flujo, las pérdidas y la dimensión de la entrada del separador, por lo que los parámetros de velocidad centrifuga del vapor, la velocidad anular y la velocidad de entrada fueron variando hasta que se determinó el rango del flujo estimado con las dimensiones del separador fijas y se obtuvo este rango de operación versus flujo, para poder tener una calidad del vapor optima esperada dentro de los parámetros de nuestro sistema de separación.

Por lo que se obtuvieron los siguientes resultados:



Recommended design parameter for geothermal separator and dryer		
PARAMETER	SEPARATOR	DRYER
Maximum steam velocity at inlet mixture pipe.	45 m/s (150 fps)	60 m/s (195 fps)
Recommended steam velocity range at inlet mixture pipe.	25-40 m/s (60-130 fps)	35-50 m/s (115 - 160 fps)
Maximum annular upward steam velocity inside cyclone.	4.5 m/s (14.5 fps)	6.0 m/s (20 fps)
Recommended annular upward steam velocity inside cyclone	2.5-4.0 m/s (8-13 fps)	1.2 - 4.0 m/s (4-13 fps)
R1=D/Dt	3.3	3.5
R2=De/Dt	1	1
R3=Dd/Dt	1	*
R4=alfa/Dt	"-0.15**"	-0.15
R5=beta/Dt	3.5	3
R6=z/Dt	3.5	4
* It should be calculate as a drain		
** It negative because of the nomenclature (incide the head)		

FLUJO		PRESIÓN	PERDIDAS	DIMENSIONES (m)										CONDICIONES DE SEPARACIÓN		
T/hr	kg/s	P(bar_g)	Ploss.sep (bar_g)	dt (m)	dt Ø (ccial)	D (m)	D Ø (comercial)	Db (m)	De (m)	Ø Db + Ø De (ccial)	α (m)	Z (m)	β (m)	Vgf	Vg.a n	Xsep
145	40	12	0.1	0.2476		0.8171		0.2476	0.2476		0.03715	1.362	0.8667	26.23	2.652	0.2027
150	42	12	0.1	0.2476		0.8171		0.2476	0.2476		0.03715	1.362	0.8667	27.55	2.785	0.2027
155	43	12	0.1	0.2476		0.8171		0.2476	0.2476		0.03715	1.362	0.8667	28.21	2.852	0.2027
160	44	12	0.1	0.2476		0.8171		0.2476	0.2476		0.03715	1.362	0.8667	28.85	2.917	0.2027
165	46	12	0.1	0.2476		0.8171		0.2476	0.2476		0.03715	1.362	0.8667	30.17	3.051	0.2027
170	47	12	0.1	0.2476		0.8171		0.2476	0.2476		0.03715	1.362	0.8667	30.82	3.116	0.2027
175	49	12	0.1	0.2476		0.8171		0.2476	0.2476		0.03715	1.362	0.8667	32.13	3.249	0.2027
180	50	12	0.1	0.2476	10" (XS)	0.8171	32.125"	0.2476	0.2476	10" (XS)	0.03715	1.362	0.8667	32.8	3.316	0.2027
185	51	12	0.1	0.2476		0.8171		0.2476	0.2476		0.03715	1.362	0.8667	33.45	3.382	0.2027
190	53	12	0.1	0.2476		0.8171		0.2476	0.2476		0.03715	1.362	0.8667	34.77	3.516	0.2027
195	54	12	0.1	0.2476		0.8171		0.2476	0.2476		0.03715	1.362	0.8667	35.42	3.581	0.2027
200	56	12	0.1	0.2476		0.8171		0.2476	0.2476		0.03715	1.362	0.8667	36.73	3.713	0.2027
205	57	12	0.1	0.2476		0.8171		0.2476	0.2476		0.03715	1.362	0.8667	37.99	3.781	0.2027
210	58	12	0.1	0.2476		0.8171		0.2476	0.2476		0.03715	1.362	0.8667	38.03	3.846	0.2027
215	60	12	0.1	0.2476		0.8171		0.2476	0.2476		0.03715	1.362	0.8667	39.34	3.978	0.2027
220	61	12	0.1	0.2476		0.8171		0.2476	0.2476		0.03715	1.362	0.8667	40	4.05	0.2027
225	63	12	0.1	0.2984		0.9848		0.2984	0.2984		0.04476	1.641	1.044	28.45	2.876	0.2027
230	64	12	0.1	0.2984	12" (XS)	0.9848	38.75"	0.2984	0.2984	12" (XS)	0.04476	1.641	1.044	28.89	2.922	0.2027
235	65	12	0.1	0.2984		0.9848		0.2984	0.2984		0.04476	1.641	1.044	29.35	2.967	0.2027



240	67	12	0.1	0.2984	0.9848	0.2984	0.2984	0.04476	1.641	1.044	30.26	3.06	0.2027
245	68	12	0.1	0.2984	0.9848	0.2984	0.2984	0.04476	1.641	1.044	30.71	3.105	0.2027
250	69	12	0.1	0.2984	0.9848	0.2984	0.2984	0.04476	1.641	1.044	31.15	3.15	0.2027
255	71	12	0.1	0.2984	0.9848	0.2984	0.2984	0.04476	1.641	1.044	32.06	3.241	0.2027
260	72	12	0.1	0.2984	0.9848	0.2984	0.2984	0.04476	1.641	1.044	32.51	3.288	0.2027
265	74	12	0.1	0.2984	0.9848	0.2984	0.2984	0.04476	1.641	1.044	33.42	3.379	0.2027
270	75	12	0.1	0.2984	0.9848	0.2984	0.2984	0.04476	1.641	1.044	33.86	3.424	0.2027
275	76	12	0.1	0.2984	0.9848	0.2984	0.2984	0.04476	1.641	1.044	34.31	3.47	0.2027
280	78	12	0.1	0.2984	0.9848	0.2984	0.2984	0.04476	1.641	1.044	35.22	3.562	0.2027
285	79	12	0.1	0.2984	0.9848	0.2984	0.2984	0.04476	1.641	1.044	35.66	3.606	0.2027
290	81	12	0.1	0.2984	0.9848	0.2984	0.2984	0.04476	1.641	1.044	36.57	3.697	0.2027
295	82	12	0.1	0.2984	0.9848	0.2984	0.2984	0.04476	1.641	1.044	37.04	3.745	0.2027
300	83	12	0.1	0.2984	0.9848	0.2984	0.2984	0.04476	1.641	1.044	37.49	3.791	0.2027
305	85	12	0.1	0.2984	0.9848	0.2984	0.2984	0.04476	1.641	1.044	38.37	3.88	0.2027
310	86	12	0.1	0.2984	0.9848	0.2984	0.2984	0.04476	1.641	1.044	38.83	3.926	0.2027
315	88	12	0.1	0.2984	0.9848	0.2984	0.2984	0.04476	1.641	1.044	39.74	4.018	0.2027
320	89	12	0.1	0.2984	0.9848	0.2984	0.2984	0.04476	1.641	1.044	40.18	4.063	0.2027
325	90	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	0.05714	2.095	1.333	24.93	2.521	0.2027
330	92	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	0.05714	2.095	1.333	25.49	2.577	0.2027
335	93	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	0.05714	2.095	1.333	25.75	2.604	0.2027
340	94	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	0.05714	2.095	1.333	26.03	2.632	0.2027
345	96	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	0.05714	2.095	1.333	26.59	2.688	0.2027
350	97	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	0.05714	2.095	1.333	26.81	2.717	0.2027



355	99	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	-	0.0571	2.09	1.333	26.8	2.74	0.202
									4	5		9	1	7
360	100	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	-	0.0571	2.09	1.333	27.6	2.8	0.202
									4	5		9	2.8	7
365	101	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	-	0.0571	2.09	1.333	27.9	2.82	0.202
									4	5		7	8	7
370	103	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	-	0.0571	2.09	1.333	28.5	2.88	0.202
									4	5		3	5	7
375	104	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	-	0.0571	2.09	1.333	28.8	2.91	0.202
									4	5		1	3	7
380	106	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	-	0.0571	2.09	1.333	29.3	2.96	0.202
									4	5		6	9	7
385	107	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	-	0.0571	2.09	1.333	29.6	2.99	0.202
									4	5		3	6	7
390	108	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	-	0.0571	2.09	1.333	29.9	3.02	0.202
									4	5		2	5	7
395	110	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	-	0.0571	2.09	1.333	30.4	3.08	0.202
									4	5		7	1	7
400	111	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	-	0.0571	2.09	1.333	30.7	3.10	0.202
									4	5		4	8	7
405	113	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	-	0.0571	2.09	1.333	31.3	3.16	0.202
									4	5		31.3	5	7
410	114	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	-	0.0571	2.09	1.333	31.5	3.19	0.202
									4	5		8	3	7
415	115	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	-	0.0571	2.09	1.333	31.8	3.22	0.202
									4	5		6	1	7
420	117	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	-	0.0571	2.09	1.333	32.4	3.27	0.202
									4	5		1	7	7
425	118	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	-	0.0571	2.09	1.333	32.6	3.30	0.202
									4	5		8	4	7
430	119	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	-	0.0571	2.09	1.333	32.9	3.33	0.202
									4	5		7	3	7
435	121	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	-	0.0571	2.09	1.333	33.5	3.38	0.202
									4	5		1	8	7
440	122	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	-	0.0571	2.09	1.333	33.8	3.41	0.202
									4	5		33.8	8	7
445	124	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	-	0.0571	2.09	1.333	34.3	3.47	0.202
									4	5		5	3	7
450	125	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	-	0.0571	2.09	1.333	34.6	3.50	0.202
									4	5		3	1	7
455	126	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	-	0.0571	2.09	1.333	34.9	3.53	0.202
									4	5		1	3.53	7
460	128	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	-	0.0571	2.09	1.333	35.4	3.58	0.202
									4	5		5	4	7
465	129	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	-	0.0571	2.09	1.333	35.7	3.61	0.202
									4	5		3	3	7

470	131	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	-	0.0571	2.09	5	1.333	36.2	3.66	0.202
									4				9	9	7
475	132	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	-	0.0571	2.09	5	1.333	36.5	3.69	0.202
									4				7	8	7
480	133	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	-	0.0571	2.09	5	1.333	36.8	3.72	0.202
									4				4	5	7
485	135	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	-	0.0571	2.09	5	1.333	37.4	3.78	0.202
									4				2	2	7
490	136	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	-	0.0571	2.09	5	1.333	37.6	3.80	0.202
									4				7	9	7
495	138	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	-	0.0571	2.09	5	1.333	38.2	3.86	0.202
									4				2	5	7
500	139	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	-	0.0571	2.09	5	1.333	38.5	3.89	0.202
									4				3	3	7
505	140	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	-	0.0571	2.09	5	1.333	38.7	3.92	0.202
									4				8	1	7
510	142	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	-	0.0571	2.09	5	1.333	39.3	3.97	0.202
									4				3	7	7
515	143	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	-	0.0571	2.09	5	1.333	39.6	4.00	0.202
									4				2	6	7
520	144	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	-	0.0571	2.09	5	1.333	39.8	4.03	0.202
									4				8	2	7
525	146	12	0.1	0.381	1.257	0.381	0.381	-	0.0571	2.09	5	1.333	40.2	4.09	0.202
									4				5	4.09	7

Con los datos obtenidos podemos también determinar en base a la Norma ASME Sección VIII división 2, los espesores requeridos para obtener la presión máxima de operación del recipiente a presión, con ello obtendríamos en su totalidad, las dimensiones del separador

DATOS SEPARADOR 1		
DATOS	UNIDADES	
ESFUERZO PERMISIBLE	15664.08	Lb/pulg <sup>2</sup>
EFICIENCIA DE LA JUNTA	1	-
DIAMETRO INTERIOR	81.71	cm
ESPESOR DE TAPA	1.5	cm
ESPESOR DE PLACA ANILLO 1	0.75	cm
ESPESOR DE PLACA ANILLO 2	1	cm
ESPESOR DE PLACA ANILLO 3	0.75	cm
MARGEN DE CORROSION	0.125	pulg
PRESIÓN MÁXIMA PERMITIDA	285	Lb/pulg <sup>2</sup>

Cálculo de recipientes a Presión Cuerpo, Tapas Elípticas y Toriesfericas					
	DATOS PARA TAPA SUPERIOR Y INFERIOR				
	Datos	Valor	Unidades	Valor	Unidades
Esfuerzo permisible	S	1101.294	kg/cm <sup>2</sup>	15664	Lb/pulg <sup>2</sup>
Eficiencia de la Junta (TAPAS)	E	1.000	%	1.000	%
Radio Interior	R	40.855	cm	16.085	pulg
Diámetro interior	D	81.710	cm	32.169	pulg
Espesor de pared	t	1.500	cm	0.591	pulg
Margen de Corrosión	C.A.	0.318	cm	0.125	pulg
Presión de diseño o Máxima permitida	P	20.037	kg/cm <sup>2</sup>	285.000	Lb/pulg <sup>2</sup>
	DATOS PARA ANILLO 1				
	Datos	Valor	Unidades	Valor	Unidades
Esfuerzo permisible	S	1101.294	kg/cm <sup>2</sup>	15664	Lb/pulg <sup>2</sup>
Eficiencia de la Junta (TAPAS)	E	1.000	%	1.000	%
Radio Interior	R	40.855	cm	16.085	pulg
Diámetro interior	D	81.710	cm	32.169	pulg
Espesor de pared	t	0.750	cm	0.295	pulg
Margen de Corrosión	C.A.	0.318	cm	0.125	pulg
Presión de diseño o Máxima permitida	P	20.037	kg/cm <sup>2</sup>	285.000	Lb/pulg <sup>2</sup>
	DATOS PARA ANILLO 2				
	Datos	Valor	Unidades	Valor	Unidades
Esfuerzo permisible	S	1101.294	kg/cm <sup>2</sup>	15664	Lb/pulg <sup>2</sup>
Eficiencia de la Junta (TAPAS)	E	1.000	%	1.000	%
Radio Interior	R	40.855	cm	16.085	pulg
Diámetro interior	D	81.710	cm	32.169	pulg
Espesor de pared	t	1.000	cm	0.394	pulg
Margen de Corrosión	C.A.	0.318	cm	0.125	pulg
Presión de diseño o Máxima permitida	P	20.037	kg/cm <sup>2</sup>	285.000	Lb/pulg <sup>2</sup>
	DATOS PARA ANILLO 3				
	Datos	Valor	Unidades	Valor	Unidades
Esfuerzo permisible	S	1101.294	kg/cm <sup>2</sup>	15664	Lb/pulg <sup>2</sup>
Eficiencia de la Junta (TAPAS)	E	1.000	%	1.000	%
Radio Interior	R	40.855	cm	16.085	pulg
Diámetro interior	D	81.710	cm	32.169	pulg
Espesor de pared	t	0.750	cm	0.295	pulg
Margen de Corrosión	C.A.	0.318	cm	0.125	pulg
Presión de diseño o Máxima permitida	P	20.037	kg/cm <sup>2</sup>	285.000	Lb/pulg <sup>2</sup>

RESULTADO SEPARADOR 1				
	TAPA SUPERIOR Y SUPERIOR			
	TORISFERICA		ELIPSOIDAL	
	CALCULO	UNIDADES	PROMEDIO	UNIDADES
TAPA SUPERIOR	22.89	kg/cm <sup>2</sup>	40.44	kg/cm <sup>2</sup>
	23.34	bar_G	41.24	bar_G
	325.61	Psi_G	575.18	PSI_G
	CUERPO			
	UNIDADES			
	kg/cm <sup>2</sup>	bar_G	PSI_G	
ANILLO 1	20.14	20.54	286.52	
ANILLO 2	26.76	27.29	380.66	
ANILLO 3	20.14	20.54	286.52	

DATOS SEPARADOR 2		
DATOS	UNIDADES	
ESFUERZO PERMISIBLE	15664.08	Lb/pulg <sup>2</sup>
EFICIENCIA DE LA JUNTA	1	-
DIAMETRO INTERIOR	98.48	cm
ESPESOR DE TAPA	1.75	cm
ESPESOR DE PLACA ANILLO 1	1	cm
ESPESOR DE PLACA ANILLO 2	1.25	cm
ESPESOR DE PLACA ANILLO 3	1	cm
MARGEN DE CORROSION	0.125	pulg
PRESIÓN MÁXIMA PERMITIDA	285	Lb/pulg <sup>2</sup>

Calculo de recipientes a Presión Cuerpo, Tapas Elípticas y Toriesfericas					
	DATOS PARA TAPA SUPERIOR Y INFERIOR				
	Datos	Valor	Unidades	Valor	Unidades
Esfuerzo permisible	S	1101.294	kg/cm <sup>2</sup>	15664	Lb/pulg <sup>2</sup>
Eficiencia de la Junta (TAPAS)	E	1.000	%	1.000	%
Radio Interior	R	49.240	cm	19.386	pulg
Diámetro interior	D	98.480	cm	38.772	pulg
Espesor de pared	t	1.750	cm	0.689	pulg
Margen de Corrosión	C.A.	0.318	cm	0.125	pulg
Presión de diseño o Máxima permitida	P	20.037	kg/cm <sup>2</sup>	285.000	Lb/pulg <sup>2</sup>

DATOS PARA ANILLO 1					
	Datos	Valor	Unidades	Valor	Unidades
Esfuerzo permisible Eficiencia de la Junta (TAPAS) Radio Interior Diámetro interior Espesor de pared Margen de Corrosión Presión de diseño o Máxima permitida	S	1101.294	kg/cm <sup>2</sup>	15664	Lb/pulg <sup>2</sup>
	E	1.000	%	1.000	%
	R	49.240	cm	19.386	pulg
	D	98.480	cm	38.772	pulg
	t	1.000	cm	0.394	pulg
	C.A.	0.318	cm	0.125	pulg
	P	20.037	kg/cm <sup>2</sup>	285.000	Lb/pulg <sup>2</sup>
	DATOS PARA ANILLO 2				
	Datos	Valor	Unidades	Valor	Unidades
Esfuerzo permisible Eficiencia de la Junta (TAPAS) Radio Interior Diámetro interior Espesor de pared Margen de Corrosión Presión de diseño o Máxima permitida	S	1101.294	kg/cm <sup>2</sup>	15664	Lb/pulg <sup>2</sup>
	E	1.000	%	1.000	%
	R	49.240	cm	19.386	pulg
	D	98.480	cm	38.772	pulg
	t	1.250	cm	0.492	pulg
	C.A.	0.318	cm	0.125	pulg
	P	20.037	kg/cm <sup>2</sup>	285.000	Lb/pulg <sup>2</sup>
	DATOS PARA ANILLO 3				
	Datos	Valor	Unidades	Valor	Unidades
Esfuerzo permisible Eficiencia de la Junta (TAPAS) Radio Interior Diámetro interior Espesor de pared Margen de Corrosión Presión de diseño o Máxima permitida	S	1101.294	kg/cm <sup>2</sup>	15664	Lb/pulg <sup>2</sup>
	E	1.000	%	1.000	%
	R	49.240	cm	19.386	pulg
	D	98.480	cm	38.772	pulg
	t	1.000	cm	0.394	pulg
	C.A.	0.318	cm	0.125	pulg
	P	20.037	kg/cm <sup>2</sup>	285.000	Lb/pulg <sup>2</sup>

RESULTADO SEPARADOR 2				
TAPA SUPERIOR Y SUPERIOR				
TORISFERICA		ELIPSOIDAL		
CALCULO	UNIDADES	PROMEDIO	UNIDADES	
TAPA SUPERIOR	22.15	kg/cm <sup>2</sup>	39.12	kg/cm <sup>2</sup>
	22.58	bar_G	39.90	bar_G
	314.99	Psi_G	556.48	PSI_G
	CUERPO			
	UNIDADES			
	kg/cm <sup>2</sup>	bar_G	PSI_G	
ANILLO 1	22.23	22.67	316.21	

<b>ANILLO 2</b>	<b>27.71</b>	<b>28.25</b>	<b>394.09</b>
<b>ANILLO 3</b>	<b>22.23</b>	<b>22.67</b>	<b>316.21</b>

DATOS SEPARADOR 3		
DATOS	UNIDADES	
ESFUERZO PERMISIBLE	15664.08	Lb/pulg <sup>2</sup>
EFICIENCIA DE LA JUNTA	1	-
DIAMETRO INTERIOR	125.7	cm
ESPESOR DE TAPA	2.25	cm
ESPESOR DE PLACA ANILLO 1	1.25	cm
ESPESOR DE PLACA ANILLO 2	1.75	cm
ESPESOR DE PLACA ANILLO 3	1.25	cm
MARGEN DE CORROSION	0.125	pulg
PRESIÓN MÁXIMA PERMITIDA	285	Lb/pulg <sup>2</sup>

Cálculo de recipientes a Presión Cuerpo, Tapas Elípticas y Toriesfericas, Separador 3					
	DATOS PARA TAPA SUPERIOR E INFERIOR				
	Datos	Valor	Unidades	Valor	Unidades
Esfuerzo permisible	S	1101.294	kg/cm <sup>2</sup>	15664	Lb/pulg <sup>2</sup>
Eficiencia de la Junta (TAPAS)	E	1.000	%	1.000	%
Radio Interior	R	62.850	cm	24.744	pulg
Diámetro interior	D	125.700	cm	49.488	pulg
Espesor de pared	t	2.250	cm	0.886	pulg
Margen de Corrosión	C.A.	0.318	cm	0.125	pulg
Presión de diseño o Máxima permitida	P	20.037	kg/cm <sup>2</sup>	285.000	Lb/pulg <sup>2</sup>
	DATOS PARA ANILLO 1				
	Datos	Valor	Unidades	Valor	Unidades
Esfuerzo permisible	S	1101.294	kg/cm <sup>2</sup>	15664	Lb/pulg <sup>2</sup>
Eficiencia de la Junta (TAPAS)	E	1.000	%	1.000	%
Radio Interior	R	62.850	cm	24.744	pulg
Diámetro interior	D	125.700	cm	49.488	pulg
Espesor de pared	t	1.250	cm	0.492	pulg
Margen de Corrosión	C.A.	0.318	cm	0.125	pulg
Presión de diseño o Máxima permitida	P	20.037	kg/cm <sup>2</sup>	285.000	Lb/pulg <sup>2</sup>
	DATOS PARA ANILLO 2				
	Datos	Valor	Unidades	Valor	Unidades
Esfuerzo permisible	S	1101.294	kg/cm <sup>2</sup>	15664	Lb/pulg <sup>2</sup>
Eficiencia de la Junta (TAPAS)	E	1.000	%	1.000	%
Radio Interior	R	62.850	cm	24.744	pulg

Diámetro interior	D	125.700	cm	49.488	pulg
Espesor de pared	t	1.750	cm	0.689	pulg
Margen de Corrosión	C.A.	0.318	cm	0.125	pulg
Presión de diseño o Máxima permitida	P	20.037	kg/cm <sup>2</sup>	285.000	Lb/pulg <sup>2</sup>
<b>DATOS PARA ANILLO 3</b>					
	<b>Datos</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidades</b>
Esfuerzo permisible	S	1101.294	kg/cm <sup>2</sup>	15664	Lb/pulg <sup>2</sup>
Eficiencia de la Junta (TAPAS)	E	1.000	%	1.000	%
Radio Interior	R	62.850	cm	24.744	pulg
Diámetro interior	D	125.700	cm	49.488	pulg
Espesor de pared	t	1.250	cm	0.492	pulg
Margen de Corrosión	C.A.	0.318	cm	0.125	pulg
Presión de diseño o Máxima permitida	P	20.037	kg/cm <sup>2</sup>	285.000	Lb/pulg <sup>2</sup>

<b>RESULTADO SEPARADOR 3</b>				
	<b>TAPA SUPERIOR E INFERIOR</b>			
	<b>TORISFERICA</b>		<b>ELIPSOIDAL</b>	
	<b>CALCULO</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>PROMEDIO</b>	<b>UNIDADES</b>
<b>TAPA SUPERIOR</b>	22.29	kg/cm <sup>2</sup>	39.38	kg/cm <sup>2</sup>
	22.73	bar_G	40.16	bar_G
	317.04	Psi_G	560.14	PSI_G
	<b>CUERPO</b>			
	<b>UNIDADES</b>			
	kg/cm <sup>2</sup>	bar_G	PSI_G	
<b>ANILLO 1</b>	21.75	22.18	309.34	
<b>ANILLO 2</b>	30.31	30.90	431.06	
<b>ANILLO 3</b>	21.75	22.18	309.34	

Con estos cálculos obtenidos podemos determinar la presión de proceso a la que los equipos están diseñados para su trabajo con seguridad de operación, además se tiene la opción de poder configurar las dimensiones y certificar los sistemas de separación, todo en base a la Norma de Referencia aplicable.

## 5.0. VIDA ÚTIL DE LOS EQUIPOS DE SEPARACIÓN

Para ser una empresa competitiva en el mercado, se requerirán como empresa estar certificada en los procesos cumpliendo en los parámetros ambientales, normas de referencia y de seguridad, dado que el proceso geotérmico encontramos en gran variedad de recipientes a presión, es necesario como empresa responsable tener una certificación de los equipos sometidos a presión, para ello es necesario cumplir con los siguientes aspectos:

Equipo Nuevo:

- Certificado de construcción del equipo por una entidad certificada para su fabricación
- Certificado o validación de relevado de esfuerzos en el equipo
- Certificado o validación de inspección de soldaduras con líquidos penetrantes, partícula magnética, pruebas de presión y radiografiado del equipo.
- Plano de localización del equipo
- Plano esquemáticos del diseño del equipo, materiales, boquillas, tomas, bridas, etc..
- Plano esquemático de la estructura de instalación o donde debe ser sostenido el equipo (faldón, estructura o soportería)
- Cabe mencionar que la certificación del equipo no debe incluir ningún equipo de seguridad, válvulas, indicadores de nivel, tuberías que no pertenezcan al diseño original.

Equipo ya instalado a certificar:

- Certificado de validación de espesores por una entidad competente que realice las mediciones de espesor, líquidos penetrantes, partículas magnéticas, inspección de soldadura en caso de ser necesario.
- Certificado de cálculos por **NORMA ASME Código VIII División 1**, que comprueben la presión máxima permisible del equipo, en base a espesores nuevos del equipo, estos cálculos pueden ser realizados por alguien con cedula profesional dentro de la misma empresa.
- Certificado o historial de mantenimientos realizados al equipo (equipo, estructura, etc.)
- Listado oficial el cual indique: No. De identificación, No. De serie, Clasificación del equipo, tipo de fluido, Presión de calibración discos de ruptura, capacidad volumétrica, área de ubicación del equipo, No. De dictamen emitido por la unidad verificadora, No. De control emitido o asignado por la unidad verificadora, fabricante, año de fabricación, Presión de operación, Presión de diseño, Temperatura de diseño, Presión de trabajo máxima permitida, Código estándar de fabricación.
- Plano de localización de equipos
- Plano de equipo con especificaciones nuevas (espesores, modificaciones, etc.)
- En caso que el equipo no sea competente para su uso debido a espesores bajos o no cumpla con algún requerimiento especificado, se puede realizar las reparaciones necesarias con lo que indica en la NORMA ASME Código VIII División 3, con ello se realizara dicha reparación por personal certificado y se debe realizar los planos y cálculos necesarios para cumplir con los requerimientos antes mencionados.

Con esto se pueden cumplir los por menores de la certificación de los equipos sometidos a presión, cabe denotar que solo se tiene registro de certificación de los equipos de separación, equipos de secadores, no se requiere la certificación de las válvulas de bola, tuberías, tanque de

almacenamiento de agua separada, esto dependerá de la normativa y necesidades de cada entidad certificadora del país en cuestión.

## 6.0. CRITERIOS DE DISEÑO

Estos criterios de diseño cubren los requisitos específicos del equipo que generalmente se solicitan en un proyecto en los TDR, especificaciones técnicas y planos.

Todo el equipo debe ser diseñado y seleccionado para ofrecer un servicio continuo con una vida operativa prevista para el sistema de separación seleccionado. La vida útil estimada de las piezas reemplazables, consumibles y desgastadas debe ser congruente con las buenas prácticas de diseño del servicio particular y del fluido manejados.

Los criterios de diseño deben ser en las áreas de:

- A. Criterios Generales de Diseño**
- B. Criterios Arquitectónicos para el sistema de separación**
- C. Criterios del Diseño Civil**
- D. Criterios del Diseño Estructural**
- E. Criterios de Diseño Eléctrico**
- F. Criterios de diseño para Control e Instrumentación**
- G. Criterios de diseño Mecánico**

## 6.1. CRITERIOS GENERALES DE DISEÑO

### 6.1.1. CONDICIONES Y DATOS ESPECÍFICOS DEL LUGAR

Condiciones ambientales

Temperaturas de bulbo seco, humedad relativa, vientos, lluvias, deslizamientos, sismos, erupciones, inundaciones, condiciones del fluido geotérmico, etc.

### 6.1.2. NORMAS DE FABRICACIÓN

Se debe proporcionar componentes hechos para diseños probados previamente, con buena experiencia operativa demostrable a largo plazo en entornos y aplicaciones similares. Todos los materiales y equipos suministrados deben ser nuevos, sin uso y sin daños.

#### ***Códigos, normas, reglamentos y directrices***

Como mínimo las Obras deben cumplir con las ediciones actuales, en la Fecha Efectiva, de Códigos, Normas, Reglamentos y Directrices reconocidos a nivel internacional. Las fechas y revisiones específicas de los Códigos, Normas, Reglamentos y Directrices deben ser identificados en los planos y especificaciones emitidas. Los códigos, normas y especificaciones de la siguiente lista deben ser preferibles en vez de otros códigos:

Además de los códigos y normas mencionadas anteriormente, se utilizarán los siguientes códigos y normas cuando corresponda para el diseño, fabricación e instalación del equipo mecánico.

AREA O ELEMENTO DE LA ESTACIÓN DE SEPARACIÓN	ESTÁNDAR O CÓDIGO DE DISEÑO
Diseño, fabricación, inspección y pruebas de recipientes a presión.	Sección VIII de ASME, división 1
Todos los sistemas de vibración, equipo, diseño e instalación.	API 670

### 6.1.3. MATERIALES

Todos los materiales y equipos deben ser nuevos, sin uso y sin daños. El equipo debe estar donde sea posible la línea estándar del fabricante y debe ser probado en cuanto a generación de energía geotérmica. Deben elegirse materiales con resistencia adecuada a la corrosión en el entorno geotérmico.

No se deben utilizar los siguientes materiales bajo ninguna circunstancia:

- Cadmio
- Plata
- Amianto
- Cuproníquel
- Cromo
- Pintura con plomo o cromada
- Disolventes y diluyentes clorados
- Zinc encobrado (al aire libre)
- Halones y otros fluoro carbonos clorados
- Metales pesados como el mercurio y el arsénico
- PCB u otros materiales peligrosos

Todos los componentes expuestos al agua circulante deben ser de acero inoxidable, de plástico reforzado con vidrio o de otros materiales que no sean susceptibles a la corrosión.

Se debe ofrecer protección UV para el plástico reforzado con vidrio y el PVC expuestos.

### 6.1.4. CONSIDERACIONES SOBRE EL SULFURO DE HIDRÓGENO

Se debe solicitar que se indique que se ha tomado nota e incorporado estas disposiciones para la protección del equipo contra H<sub>2</sub>S en los alcances.

Es probable que el H<sub>2</sub>S esté presente en todo el sitio en concentraciones cercanas a 5-10 ppm. Las concentraciones por encima de 0,3 ppm son inaceptables para los conductores de cobre expuestos y las concentraciones inferiores a 0,1 ppm tienen efectos adversos en los conectores y conductores chapados en plata. En la atmósfera se produce una rápida pérdida de éstos y otros materiales.

Los armarios de equipo eléctrico y de instrumentación deben ser dispuestos de la siguiente manera:

- Espacios con aire acondicionado y filtrados con H<sub>2</sub>S (IP 41)
- Todas las demás ubicaciones IP 65
- Chasis del motor Consultar las especificaciones del motor

Cuando se encuentre un recinto al aire libre, dicho armario o gabinete debe ser fabricado a partir de acero inoxidable (tipo 316) y debe estar provisto de abrazaderas para las puertas hechas de acero inoxidable a los tres lados de la puerta para asegurar un cierre hermético.

Para efectos de esta definición, un armario o gabinete incluirá los paneles del gabinete, los sujetadores del gabinete, el hardware del gabinete (debe incluir bisagras, cerraduras, manijas, casquillos de cable o el perno del tubo) y cualquier estructura de soporte o ensamblaje del subchasis del gabinete. Estos armarios o cajas debe incluir, pero no están limitados a, armarios de instrumentos y armarios eléctricos. Los pernos, tuercas y arandelas de seguridad para los gabinetes, soportes de instrumentos y similares, deben ser de acero al carbón galvanizado en caliente, excepto en la torre de enfriamiento en donde deben ser de acero inoxidable tipo 316. Los pernos de seguridad se instalarán en concreto mediante el conjunto de un sistema de anclaje de químico a base de epoxi. No se utilizarán pernos de anclaje fijados mecánicamente.

Ningún equipo que incluya barras de bus, enlaces, terminales, conexiones, interruptores, contactadores, relés, contactos, y similares, deben fabricarse en todo o en parte en plata, níquel-plata, cobre, fósforo-bronce, latón, u otra aleación de cobre o plata, a menos que estén herméticamente sellados o estañados con un espesor mínimo de 0,005 mm u otro adecuado. El chapado de cadmio no debe utilizarse para ningún fin, incluidos los tornillos y los dispositivos de fijación.

Las tarjetas de circuitos deben estañarse y lacarse, con excepción de las zonas chapadas en oro utilizadas como conectores. La laca debe aplicarse a ambos lados conforme a una norma aprobada (preferiblemente internacional) para dar la mejor protección posible contra el hidrógeno sulfurado, la humedad y el humedecimiento. La laca a utilizar debe ser inerte ante los ataques de hongos, bacterias, condiciones atmosféricas y luz solar (incluidos los rayos ultravioletas) y debe haber mostrado propiedades adecuadas y estables durante al menos 15 años de servicio sin mantenimiento bajo las condiciones especificadas.

En caso de que un equipo se deba ubicar afuera de la fuente de energía principal y utilice un fijador o sujeciones que deban eliminarse o deshacerse para permitir el acceso al equipo para su servicio o mantenimiento, esos fijadores o sujeciones deben ser fabricados en acero inoxidable tipo 316. Esto debe incluir el equipo que se ubicaría dentro de los gabinetes al aire libre. Para efectos de esta definición los sujetadores deben incluir, pero no se limitan a, tuercas, pernos, tornillos de la máquina, tornillos de fijación, arandelas, abrazaderas, pernos en U y similares. Los elementos típicos que deben cumplir con este requisito son:

- Motores
- Actuadores de las válvulas
- Instrumentos, incluidos los transmisores
- Equipo contra incendios
- Iluminación
- Tomas de corriente
- Módulos de rechazo de calor HVAC, y
- Sistemas de megafonía y equipo de sistemas de telecomunicaciones

En todos los gabinetes, cajas de conexiones e instrumentos se deben colocar cápsulas inhibidoras de corrosión “ZeRust”, o similares; el tamaño debe adaptarse en cada caso. Se proporcionarán cápsulas 100% de repuesto.

Cuando corresponda, se debe requerir el uso de líquidos comprobados para la protección contra la corrosión para proteger las superficies metálicas expuestas en las válvulas, motores, etc.

### 6.1.5. AISLAMIENTO

Si las especificaciones del equipo lo requieren, se debe proporcionar aislamiento utilizando los criterios de dimensionamiento suministrados por el Comprador. Si lo requieren las especificaciones del equipo, el Vendedor debe suministrar las disposiciones para instalación posterior del aislamiento del equipo por parte del Comprador; el Comprador debe especificar el espesor.

Todas las tuberías de aislamiento condensadas y de vapor deben ser de silicato de calcio, lana de roca o perlita. El silicato de calcio debe utilizarse en todas las tuberías aisladas de rango de acceso personal que tenderán a majarse o a que se camine por encima. El aislamiento de amianto no debe ser aceptable en ningún punto dentro de la Planta. No se debe utilizar aislamiento de fibra de vidrio (u otro aislamiento de compresión) en las tuberías de vapor por encima de 120 °C. El aislamiento montado en acero inoxidable debe ser libre de cloruro.

El aislamiento de protección personal debe cumplir con los requisitos de temperatura máxima de revestimiento exterior y debe ser pertinente para todos los equipos de acceso personal y no aislado para conservar la energía. En general, ninguna superficie que pudiera tocarse como parte normal de las actividades de funcionamiento o mantenimiento habituales superará los 55 °C. Se debe proporcionar aislamiento en las tuberías de enfriamiento para evitar la condensación y conservar la energía.

Todo el aislamiento debe ser cubierto con recubrimiento de aluminio con correa de acero inoxidable. El revestimiento de aluminio a utilizar en el aislamiento de tuberías debe tener un recubrimiento con espesor mínimo de 0,4 mm para las tuberías NPS 10" y menores, y de 0,6 mm para tuberías superiores a NPS 10".

No debe ser necesario aislar los siguientes si están en zonas aisladas no accesibles al personal durante el funcionamiento normal:

- Válvulas, bridas e instrumentos en línea con temperaturas en la superficie por debajo de 120 °C
- Drenajes de la planta utilizados de manera intermitente
- Tuberías de descarga de la trampa de vapor
- Tuberías, ductos y recipientes que participan en el transporte de líquidos y gases calientes para la eliminación de residuos
- (Interior: uso intermitente, al aire libre: uso continuo o intermitente)

Las orejetas para izar, las prensas y los ganchos quedarán libres de la zaga y el revestimiento

La parte superior del empaque de la válvula prensaestopas debe dejarse sin aislamiento

El revestimiento de las válvulas y las bridas debe ser en dos mitades para facilitar el mantenimiento sin perturbar el aislamiento y el revestimiento adyacentes. Las superficies horizontales listas del revestimiento exterior deben arquearse para arrojar agua. El revestimiento debe estar diseñado para evitar la entrada de agua y suciedad. Para las mantas aislantes desmontables de aplicaciones interiores o cubiertas se debe preferir bridas, válvulas, filtros e instrumentos en línea.

Los materiales de aislamiento deben ser presentados al Comprador para su aprobación antes de la construcción. No se debe utilizar aislamiento de silicato de calcio contra acero inoxidable.

### 6.1.6. PROTECCIÓN DEL EQUIPO – RECUBRIMIENTO DE PINTURA Y PROTECTORES

Las superficies que van a pintarse deben estar libres de óxido, cascarilla, polvo, aceite, grasa, pintura deteriorada y de otros contaminantes de la superficie, los cuales deben ser retirados por decapado ácido, limpieza a chorro, cepillo de alambre u otros medios mecánicos, o mediante cualquier combinación de los mismos que sea necesaria para lograr la remoción necesaria según las instrucciones del fabricante de pintura. Toda la pintura debe aplicarse de acuerdo con las recomendaciones de aplicación del fabricante. Se debe aplicar la capa primaria el mismo día en que se limpie la superficie. En general, las superficies de acero debe estar pintadas con una imprimación rica en zinc.

La siguiente tabla es una guía para el uso preferente de los sistemas de protección. En ausencia de un requisito específico, la lista debe ser utilizada como norma mínima para la selección de capas protectoras.

SELECCIÓN DEL SISTEMA DE REVESTIMIENTOS PROTECTORES	
Ambiente: Expuesto a la intemperie. Temperatura de hasta 80°C. No está sujeto a la inmersión. Expuesto a la atmósfera H <sub>2</sub> S y a humedad ácida.	A1, H3
Protegido de las inclemencias meteorológicas. Temperatura de hasta 80°C. No está sujeto a la inmersión. Expuesto a H <sub>2</sub> S atmosférico.	B1, C1
Caliente (80 °C y superior), no expuesto a la intemperie o al vapor.	H1
Caliente (80 °C y superior), no expuesto a la intemperie o al vapor. Inmersión: Agua fría (hasta 60 °C) Inmersión: Agua caliente (60 – 100 °C) Inmersión: Aceites	H4 C1, E1 D3 D2
Tableros de conmutación, cubículos, paneles y tableros de distribución.	K1, M1
Cubículos y tablero de distribución (al aire libre).	L1

Tipos de revestimientos						
Revestimiento		Preparación de la superficie (SSPC)	Imprimación	Revestimiento de amarre	Capa superior	Total DFT (micras)
ID	Descripción					
A1	Epoxi Amina	Limpieza a chorro a SP 6	Capa rica en zinc aplicada dentro de las 4 horas de la limpieza a chorro. espesor mínimo de acumulación de 75 micras	Espesor de acumulación de epoxi poliamina (acumulación alta) 125 micras	Dos capas de acabado de epoxi poliamina de 75 micras cada una	350
B1	Acrílico	Limpieza a chorro a SP 6	Como en A1	Como en A1	Acrílico (base solvente) de una sola capa 50 micras	250

C1	Carbón de epoxi	Limpieza a chorro a SP 6	1 capa de epoxi aducto amina rico en zinc o amida curada 50 micras	-	Alquitrán de hulla epoxi	500
D2	Epoxi	Limpieza a chorro a SP 6	1 capa de 50 micras de epoxi rico en zinc	-	1 capa de epoxi (amida curada) de 250 micras	300
D3	Epoxi	Limpieza a chorro a SP 6	3 capas de epoxi para agua caliente	Véase imprimación	Véase imprimación	375
E1	Hypalon	Limpieza a chorro a SP 6	Neopreno	-	Hypalon	500
H1	Silicato de zinc	Limpieza a chorro a SP 6	Silicato de zinc	-	-	50
H3	Silicato de zinc	Decapado o limpiado a chorro a SP 6	Silicato de zinc 50 micras		2 capas de vinilo	200 micras
H4	Silicato de zinc	Limpieza a chorro a SP 6	Silicato de zinc	-	Silicona/aluminio resistente al calor 25 micras	90
K1	Polvo de epoxi	Desengrasado y limpieza a chorro a SP 6	Recomendado por el fabricante		Una capa de acabado de polvo de epoxi de 50 micras	
L1	Polvo de poliéster	Desengrasado y limpieza a chorro a SP 6, tratar como lo recomienda el Fabricante	Recomendado por el fabricante		Una capa de acabado de polvo de poliéster 50 micras	

M1	Acabado de esmalte	Desengrasado y limpieza a chorro a SP 6, tratar como lo recomienda el Fabricante	Recomendado por el fabricante		Una capa de acabado de esmalte 100 micras	
----	--------------------	--	-------------------------------	--	---	--

Las normas de limpieza a chorro hacen referencia a la preparación de la superficie del SSPC (Consejo de Pintura de Estructuras de Acero). El acero pintado debe pintarse según las normas SSPC SP-2 o SP-3 o normas.

Las capas se deben aplicar de acuerdo con los requisitos del fabricante. Para sistemas de dos capas, las capas posteriores no se deben aplicarse hasta que la capa anterior se haya endurecido y secado adecuadamente. Antes de la aplicación de cualquier capa se debe retocar todas las manchas descubiertas de la capa anterior.

### 6.1.7. SOLDADURA

El cumplimiento con este criterio de diseño y los procedimientos de soldadura, cualificaciones del soldador y el método de ensayos no destructivos (NDE, por sus siglas en inglés) no deben eximir al Vendedor de su responsabilidad y obligación de proporcionar soldaduras de calidad apropiadas para la finalidad que se pretende y que cumplan con los códigos.

Las especificaciones establecerán el WPS a utilizar, los requisitos del electrodo de soldar, la inspección y los requisitos de las pruebas.

### CÓDIGOS, NORMAS Y ESPECIFICACIONES

- ANSI B16.25** Soldadura a tope
- ANSI B31.1** Tuberías de potencia
- ANSI Z49.1** Seguridad en Soldadura y Corte
- ASME Sección II, Parte C** Especificaciones de los Electroodos, Varillas, Alambres y Materiales de Soldadura
- Sección V** Ensayos no destructivos
- Sección VIII** Recipientes a presión
- Sección IX** Calificación de procedimientos y soldadores
- ASNT SNT-TC-1A** Calificación y certificación de personal  
Práctica recomendada
- AWS A2.4** Símbolos para soldadura, soldadura fuerte y ensayos no destructivos
- AWS A3.0** Términos y Definiciones Estandarizados en Soldadura incluidos  
Términos para Soldadura Fuerte, Soldadura Blanda, Rociado Térmico y Corte Térmico
- AWS D1.1** Código Estructural de Soldadura
- AWS QC1** Calificación y Certificación de Inspectores de Soldadura, Debe incluir la Guía de Calificación y Certificación de Inspectores de Soldadura de AWS

### 6.1.8. TUBERÍAS Y MATERIALES

A menos que se indique lo contrario, los materiales de los diferentes procesos y aplicaciones de servicios se establecen como se indica a continuación:

LIQUIDO / SERVICIO	MATERIAL
Aire - Utilitario	Acero al carbono
Aire - Instrumento	Acero Inoxidable 316L
Salmuera	Acero al carbono
Vapor	Acero al carbono
Aceite – Control y lubricante	Acero inoxidable
Agua – Suministro de fuego	HDPE / hierro fundido o acero al carbono
Agua – Cruda	Acero al carbono
Agua – Circulante y componente enfriamiento	Acero inoxidable 316L / plástico reforzado con vidrio

La tubería de plástico reforzado con vidrio debe ser del tipo de resina termoestable reforzada fabricada por el proceso de filamento enrollado mediante una resina termoestable de poliéster reforzada con fibra de vidrio designada, por lo general, NTDD105 por la norma ASTM D2310 y la Norma AWWA C950. El código del diseño del plástico reforzado con vidrio, las pruebas e instalación deben ser conformes con AWWA M45.

### 6.1.9. REQUISITOS GENERALES DE TAMAÑO DE LAS TUBERÍAS

El tamaño de las tuberías se debe basar en los cálculos de caída de presión para adaptarse a los requisitos de los equipos, las presiones de líquido disponibles y para minimizar los costos de bombeo.

Las tuberías y equipos deben tener un tamaño máximo para las tasas de flujo transitorias que pueden ocurrir en la tubería.

Las siguientes velocidades de flujo de la tubería no deben rebasarse sin el permiso por escrito del Comprador.

LÍQUIDO	VELOCIDAD MÁXIMA
Salmuera	3 m/s
Agua y aceite: Aspiración de la bomba y líneas de vaciado	2 m/s
Generalidades	3 m/s

Para vapor, agua o servicios públicos de aire, todos los drenajes, ventilación y conexiones de muestra deben ser de 2" NPS o mayores.

### 6.1.10. DISEÑO DE LA TUBERÍA

Todas las tuberías deben ser diseñadas, fabricadas, instaladas y probadas de acuerdo con ASME B31.1, Tuberías de potencia.

Todas las tuberías deben ser diseñadas para condiciones de temperatura ambiente, cargas de gravedad, cargas sísmicas, reacciones de descarga, reacciones dinámicas tiempo-fuerza, efectos de los soportes, anclajes y movimientos del punto terminal / cargas.

Se debe calcular los casos de gravedad normal de carga para tuberías de vapor, gas y aire comprimido para los contenidos de gravedad específica de los contenidos en las condiciones de diseño. Los casos de carga de gravedad de todos los demás servicios asumirán que la tubería está llena. Cuando la gravedad específica de los contenidos en las condiciones de diseño sea inferior a 1,0, también se debe considerar el caso de carga hidrostática.

### Diseño de las tuberías

Las tuberías deben estar dispuestas de modo que se ofrezca pleno acceso para dar mantenimiento al equipo y de modo que la extracción o sustitución de la Planta se pueda lograr con el desmantelamiento mínimo de las tuberías.

Todas las válvulas, filtros, instrumentos y elementos que requieran funcionamiento o mantenimiento deben ser accesibles fácilmente desde plataformas de trabajo permanentes y seguras. Las válvulas no deben instalarse en el interior de los conjuntos de tuberías.

Las tuberías de tamaños 2" NPS y mayores, y los codos de radio largo deben ser la práctica de diseño preferida salvo en casos específicos en los cuales sea necesario un radio corto. No se debe utilizar juntas en inglete salvo en los casos en que sea necesario en tuberías de agua circulante de fabricación grande. Las tuberías menores a 2" NPS deben usar accesorios enchufados con soldadura para cambios de dirección.

### Tuberías y accesorios

No se debe usar tubos de 1/8", 3/8", 1/4", 3/2", 5", y tubos de 7" NPS. Las dimensiones deben ser de conformidad con la ASTM B36.10 y B36.19.

- **Codos** - El radio mínimo de la soldadura a tope del codo debe ser de 1.5 de diámetro.
- **Reductores** - Se deben preferir los reductores concéntricos en vez de los excéntricos, a excepción de la bomba de succión o cuando se requiera drenaje sin tubos. Debe considerarse el cónico de ángulo pequeño cuando se fabrican los reductores.
- **Bridas** - Las bridas deben ser de conformidad con las especificaciones de las hojas de datos de la tubería o del equipo.
- **Juntas** - Las juntas deben ser de conformidad con las especificaciones de las hojas de datos de la tubería o del equipo.

### Uniones de las tuberías

Las uniones de las tuberías deben ser de conformidad con las hojas de datos de la tubería o del equipo. Se pueden usar juntas o bridas en tuberías de diámetro pequeño en las que no es práctico soldar.

---

## 6.1.11. VÁLVULAS

Todas las ruedas manuales de las válvulas deben moverse en el sentido de las agujas del reloj para cerrar la válvula. La cara de cada rueda manual debe estar claramente marcada con las palabras "abrir" y "cerrar" y se debe representar con una flecha que indique el sentido de apertura y cierre. Las válvulas no deben estar ajustadas con los postes por debajo de la horizontal. Para mostrar claramente la posición de la válvula deben ajustarse un indicador y un husillo extendido en cada válvula.

Se deben proporcionar cubiertas adecuadas cuando se quiera proteger los husillos elevadores de la válvula contra la entrada de suciedad o cuando la posición de la válvula puede generar peligro para los operarios cuando se extiende el husillo.

Todas las válvulas de 12" y más grandes (válvulas de 8" y más grandes para válvulas mariposa) deben estar provistas de operadores de engranajes. Todas las válvulas operadas a mano de más de 24" deben ser capaces de ser operadas desde la posición totalmente abierta a totalmente cerrada (y viceversa) en un máximo de 30 minutos.

Se debe proveer como mínimo un espacio libre de 3" en torno a las palancas de la válvula. En la medida de lo posible, el mantenimiento y la sustitución de piezas de desgaste debe llevarse a cabo con las válvulas in situ.

Todas las válvulas de tamaño y tipo similar deben ser directamente intercambiables.

El diámetro interno de todas las válvulas de aislamiento y los extremos de los tubos de conexión deben ser del mismo diámetro interior.

En el caso de válvulas soldadas, los extremos del ramal de las válvulas deben proyectar la longitud suficiente desde el cuerpo de la válvula para garantizar que el proceso de soldadura no afecte a los asientos de las válvulas.

Las válvulas de paso, paralelas corredizas y las válvulas de globo deben ser el sistema operativo y del tipo de husillo de eje elevador externo Y.

Los empaques de las válvulas deben estar libres de asbesto y plomo. No se debe utilizar embalaje PTFE. Se debe proveer una boquilla engrasadora prensaestopas para embalajes para las válvulas de 8" de diámetro y superiores.

La selección y materiales de la válvula debe ser los adecuados para el líquido y las condiciones de funcionamiento para garantizar una larga vida útil, facilidad de mantenimiento y la caída mínima de presión, cuando corresponda. Su eficacia debe ser demostrada en servicios similares.

Las válvulas de paso no deben ser utilizadas para regulación. Las válvulas de extremos soldados no se deben utilizar para las válvulas de control.

### **Válvulas Accionadas por electricidad**

Todas las válvulas operadas por electricidad deben ser controladas por una señal eléctrica. La potencia mecánica necesaria para el funcionamiento de las válvulas puede ser de motor eléctrico, de aire comprimido o de líquido hidráulico. El equipo debe ser de diseño, eficacia y confiabilidad comprobados. Todos los actuadores deben tener:

- Un volante manual para la apertura y cierre de la válvula que debe ser separado de forma automática cuando la válvula esté siendo operada con energía.
- Un indicador de posición de la válvula mecánica ya sea en la válvula o en el actuador montado en donde se pueda leer fácilmente desde la posición local de funcionamiento.
- Interruptores que limitan la posición de la válvula, incluidos dos juegos limpios de contactos de conmutación en cada extremo de la carrera de la válvula para indicar la posición remota
- Se requieren interruptores adicionales de límite de posición de la válvula para control y bloqueos.

Los actuadores deben ser apropiados para la apertura y cierre de cada válvula contra el diferencial de presión pertinente más un mínimo de 20% de torque adicional para superar la adhesión que puede ocurrir debido a la deposición dentro del cuerpo de la válvula.

Todos los accionadores de modulación de la válvula deben incluir un transmisor de posición de la válvula que indique la posición de forma remota. La corriente de 4-20mA con señal analógica o digital de un estándar adecuado de la industria es un método de transmisión de señal aceptable. Los

transmisores de posición, deben acoplarse de forma robusta al eje de la válvula y en todo momento deben proporcionar indicación de la posición con precisión repetible dentro de 1%. En todas las válvulas de accionamiento eléctrico deben proveerse interruptores que limiten la posición final de la carrera de la válvula.

Las válvulas de control excepto las de regulación automática se accionan y equipan con reguladores. Los sistemas de instrumentos que controlan dichas válvulas deben ser diseñados para proporcionar un mecanismo de seguridad en caso de pérdida de señal de control, electricidad, fallas de suministro hidráulico o neumático y al reestablecer el suministro.

Los accionadores de la válvula de modulación deben tener:

- § Una velocidad de respuesta para cumplir con las exigencias del bucle de control en el que están conectados.
- § Una precisión posicional repetible dentro de los límites requeridos para el bucle de control en el que se conectan.
- § La capacidad de seguir la señal de entrada con precisión en todo el rango de operación

Excepto en casos identificados específicamente, el tiempo de activación de las válvulas de la posición totalmente abierta a la posición completamente cerrada y viceversa no debe ser superior a 20 segundos.

---

## 6.1.12. ACTUADORES ELÉCTRICOS

Los actuadores de las válvulas eléctricas solo deben proporcionarse para las válvulas de apertura/cierre de servicio de tipo no regulador. Los actuadores de válvulas eléctricas deben estar provistos de contactos integrales, corte térmico del motor y resistencias anti condensación.

Los actuadores incluirán un compartimiento para cable de terminación de campo integral y dedicado separado del equipo accionador eléctrico. Este compartimiento de terminación de campo debe ser resistente al polvo y al agua al menos IP65.

Se suministrará un interruptor de selección “remota/apagado/local” con cerradura en cada actuador junto con pulsadores de control local de “apertura”, “detención” y “cierre”. Los pulsadores de “cierre” deben proporcionar control absoluto, incluso si los pulsadores “abierto” o “cerrado” son operados y siguen siendo bajos. Se requiere señal remota del selector Remoto/Apagado/Local.

El mecanismo debe estar diseñado para evitar un exceso de funcionamiento o bloqueo y debe estar provisto de dispositivos capaces de limitarlo de manera precisa y con ajuste fino. Los cuáles serán provistos dispositivos de limitación de torque u otros para evitar daños en el mecanismo en caso de atasco de la válvula.

Los contactores de marcha atrás y los interruptores de límite usados para el control del actuador deben ser resistentes y de confiabilidad demostrada tanto por tipo de prueba como por funcionamiento comercial. La conmutación de estado sólido debe ser aceptada cuando las condiciones lo permitan. Los actuadores deben estar provistos de capacidad de “movimiento lento”.

### **Accionadores electro-hidráulicos**

Los Accionadores Electro-hidráulicos deben ser autónomos y estar completos con todos los motores, válvulas, controles, cortes, calentadores e instrumentos necesarios. Cuando corresponda, deben suministrarse grupos funcionales de válvula de control desde una sola unidad hidráulica capaz de proporcionar la demanda combinada de todas las válvulas del grupo. El actuador debe ser capaz de proporcionar una adecuada acción segura contra fallos para la aplicación y debe incluir una válvula manual de compensación de presión para permitir el funcionamiento manual del volante.

Se debe suministrar el actuador completo con un interruptor de selección “remota/apagado/local” con cerradura y pulsadores de “apertura”, “detención” y “cierre”. El pulsador de “cierre” debe proporcionar control absoluto, incluso si los pulsadores “abierto” o “cerrado” son operados y siguen siendo bajos. Se debe requerir señal remota del selector Remoto/Apagado/Local.

### Accionadores Neumáticos

Los accionadores pueden ser del tipo pistón o diafragma para satisfacer las necesidades de servicio específicas. Los accionadores de diafragma deben tener un tamaño que permitan la carrera completa de la válvula contra 120 por ciento de la presión diferencial máxima del proceso y una tensión de resorte con 0,2 a 1 bar de señal manométrica de aire para el diafragma del accionador. Las presiones de alimentación del accionador de la válvula de diafragma no superarán 2,4 bares manométricos.

Los accionadores del pistón, cuando se utilicen deben tener un tamaño adecuado como para funcionar a una presión de funcionamiento normal de 5,5 bares hasta una presión mínima de trabajo de 3,85 bares manométricos de presión con un rango de señal de presión de 0,2 a 1 bar.

El tamaño de los accionadores debe tener un 120% de margen de seguridad para funcionar con la gama completa de condiciones del proceso.

### Accionadores de solenoide

Las válvulas operadas con solenoide pueden ser utilizadas en válvulas de 3” de diámetro. Las válvulas deben moverse a la posición segura en caso de pérdida de fuente de alimentación. Las válvulas se montarán de tal forma que la bobina esté vertical y con la bobina en la parte superior de la válvula.

### Recipientes a presión

Los recipientes con una presión de diseño de 1,03 bar (15 psi<sub>g</sub>) o mayores deben ser diseñados, fabricados, inspeccionados y sellados por la Sección VIII, División 1 de ASME.

## 6.2. CRITERIOS DE DISEÑO ARQUITECTÓNICO

El diseño arquitectónico de las estaciones de separación está orientado fundamentalmente por su Función, por su Planificación, por las disposiciones ambientales y por la Seguridad General, tanto para las estaciones cercanas o contiguas a plataforma de perforación como las centralizadas.

**FUNCIÓN:** Además del montaje y el proceso mismo de separación, lo constituye el mantenimiento y posible desmontaje de los equipos, para lo que es necesario prever las diversas actividades que se realizan o los posibles efectos que pueden producirse por dichas actividades. Los accesos, patios de maniobra, circulaciones o tránsitos de maquinaria y utilización de grúas deben tomarse en consideración para que éstos queden siempre libres, así como la canalización y red de drenajes para agua lluvia o de deshielo, el cálculo de la red de tierra con respecto a la estación de separación. Con respecto a la tubería en plataforma, se debe tener en cuenta la probable interferencia con puntos de anclaje para los cables de viento en equipos portátiles o móviles, puntos de anclaje (durmientes) para la traslación de algunos equipos sin sistema de deslizamiento neumático (rig skidding system), entre otras condicionantes propias de los equipos a instalar y de las operaciones de mantenimiento que se realizan en plataforma. Idealmente los contrapozos no deberían tener más de 2.5 mts. de ancho para que cualquier tipo de equipo de perforación pueda realizar el mantenimiento mecánico o rimado de incrustaciones, operaciones de pesca de equipos de inhibición, entre otros, además que la tubería bifásica desde el árbol de válvulas o arreglo de cabezal no impidan la correcta instalación de la sub estructura sobre el eje de la batería de pozos, o separar los cabezales de manera que se pueda montar un equipo de perforación transversalmente al eje de batería de pozos.

**PLANIFICACIÓN:** Se deben construir instalaciones que además permitan el correcto desempeño del equipo de perforación y permita la ampliación de la plataforma en el sentido de que la subestructura de los equipos no colisione con ningún accesorio de la tubería y sea posible incluso la perforación de nuevos pozos sin tener que sacar de operación la producción con los existentes. Siempre cumpliendo con los márgenes de seguridad permitidos. Si la cantidad de pozos se amplía en una plataforma, las estaciones de separación de tipo “cercana” o contigua a plataforma donde se ocupan separadores individuales también debe ampliarse, por lo que si no se cuenta con la suficiente superficie de terreno se debe considerar realizar la separación del flujo bifásico en estaciones de separación centralizadas, que también tienen su manejo a nivel de Planificación del Territorio y desarrollo del campo geotérmico.

**DISPOSICIONES AMBIENTALES:** determina la ubicación de las estaciones de separación centralizadas, éstas deben estar rodeadas de un perímetro aislado, que se encargue de disminuir la producción de ruido, sobre todo donde se realicen descargas atmosféricas por pruebas o fallas del sistema. El perímetro puede ser construido con paredes o mamparras de paneles insulados, si las poblaciones se encuentran cercanas a las plataformas. En poblaciones aisladas puede ser un espacio perimetral de bosques que sirvan de barrera natural y en zonas desérticas deberían rodearse de otras instalaciones con previsión de cero o baja emisión de contaminantes, de manera que estos perímetros disminuyan la posible presión futura del crecimiento poblacional y que por razones fuera del alcance del operador les sea autorizado construir viviendas en zonas concesionadas o con permiso de explotación de tipo industrial (geotérmico).

**SEGURIDAD:** También debe preverse la orientación de los vientos dominantes, con el objetivo de que el agua y el vapor geotérmico no sea desplazado hacia comunidades ni plantaciones aledañas. Es por eso que se debe analizar el cálculo anual de vientos dominantes de la zona y su evolución histórica para determinar la mejor posición de las salidas de los silenciadores atmosféricos, que no se dirija hacia equipos instalados ni se dirija hacia comunidades vecinas.

Internamente para procurar la seguridad, durante la construcción y la operación, los equipos deben estar correctamente aislados, si se perfora durante producción los componentes deben estar protegidos contra colisión por maniobras con grúas, las rutas de evacuación deben estar señalizadas, se deben proveer de rampas o escaleras entre terrazas para la movilización del personal, las tarimas de las instalaciones superficiales deben contar con pasamanos adecuados, contrahuellas antideslizantes en todas las escaleras, advertencias de seguridad y otras disposiciones que cumplan con los siguientes códigos y normas:

### CÓDIGOS Y NORMAS

La base para el diseño de las estructuras de soporte y la construcción de las mismas se registrarán por, pero no se limitarán a lo siguiente:

El Código Internacional de Construcción, 2013 edición.

Asociación Nacional de Protección contra Incendios (NFPA), 2010 Edición Específicamente requisitos de NFPA 850.

Entendemos que no se requiere de diseño específico de accesibilidad para este proyecto.

Código de Diseño para la Protección contra Incendios.

### CONCRETO ASTM:

ASTM C-172 “Sampling Fresh Concrete”

ASTM C-31 “Making and Curing Concrete Test Specimens in the Field”

ASTM C-192 “Making and Curing Concrete Test Specimens in the Laboratory”

ASTM C-39 “Compressive Strength of Cylindrical Concrete Specimens”

ASTM C-143 "Test Method for Slump of Portland Cement Concrete"

ASTM C-192 Preparación, curado de mezclas de concreto en laboratorio

#### ENCOFRADOS:

ACI 347 "Recommended Practice for Concrete Formwork"

#### ACERO DE REFUERZO:

ASTM A-615 "Specifications for Deformed Biller-Steel Bars for Concrete Reinforcement"

Especificaciones mínimas del acero de refuerzo ASTM A-305

Empalmes y traslapes ACI 318-02

### 6.2.1. ESPACIOS DE LA PLATAFORMA, ESTACIÓN DE SEPARACIÓN Y ACCESOS

La Ubicación de los siguientes elementos o espacios deben ser indicados en el dibujo de Arreglo General, plano de Zonificación o Layout de plataforma.

- Caseta de Seguridad para Guardas.
- Generador de Diésel
- Sistema de dosificación de químicos.
- Sistema Contra Incendios.
- Sistema de Compresores (control neumático)
- Calle para Maniobra de Grúas.
- Equipos de bombeo (necesarios para el acarreo de agua geotérmica o salmuera a niveles superiores)

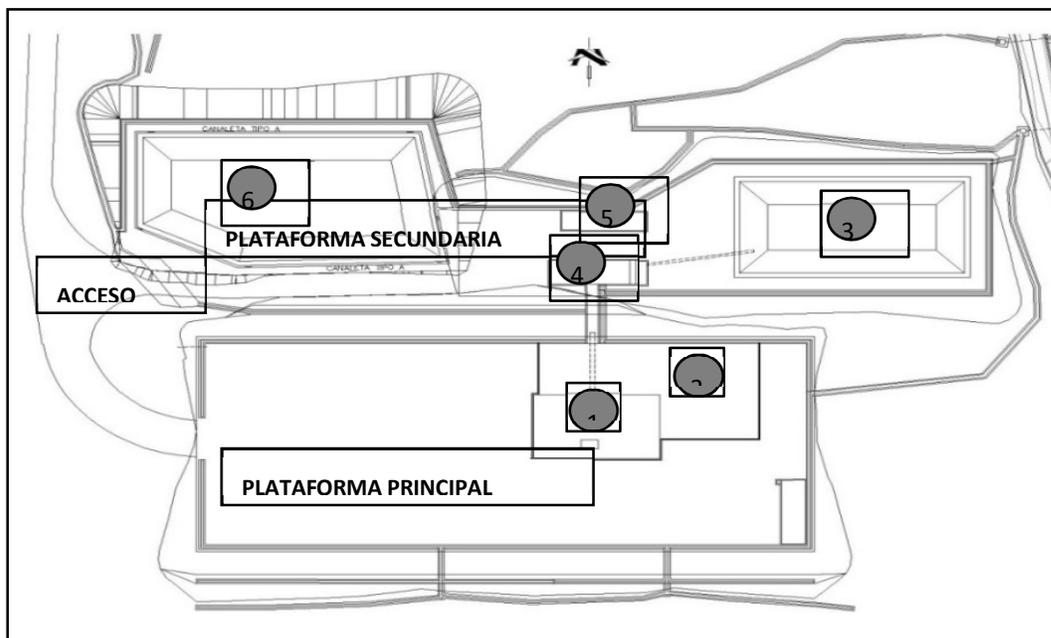


FIGURA No. 6. Esquema de una Plataforma de Perforación. 1. Losa de contrapozos, 2. Losa de equipos, 3. Poza de agua, 4. Pila de lodos, 5. Pila de secado, 6. Lodos de recorte.

---

## 6.2.2. CERCADO

En lugares con poblaciones cercanas a los proyectos es necesaria la instalación de cercas de seguridad, el cercado perimetral para el nuevo proyecto debe ser fabricado con bloques de concreto o paredes prefabricadas de concreto. Se debe colocar alambre navaja o razor, encima de las paredes. El cercado de la estación de separación y los lugares internos de la plataforma deben ser protegidos con malla ciclón galvanizada industrial con un mínimo de 2,0 metros de altura, con tres hilos de alambre de púas en la parte superior de un mínimo de 1,0 metro de altura. Todos los materiales de cercado, postes, malla de alambre, puertas, cerrojos y fijaciones deben ser galvanizados. Los postes de esquina deben ser mínimos de tubería de 100 mm, postes de la puerta deben ser mínimos tubo de 150 mm, y el resto de los puestos y los apoyos deben ser de 50 mm de tubo de espesor adecuado para asegurar la estabilidad de la valla.

Las preocupaciones de seguridad para las obras civiles deben ser consideradas en todo el proceso de diseño. Los aspectos primarios de seguridad debe incluir la seguridad en excavaciones, entubados y facilidades y la eliminación adecuada de los obstáculos en el camino de las nuevas carreteras. La evaluación de la seguridad y las rutas de escape deben ser consideradas a la hora de distribuir los accesos y compuertas para personas para el cercado de seguridad.

---

## 6.2.3. PARÁMETROS DE DISEÑO

Las selecciones de los parámetros de diseño se basan en ofrecer un diseño funcional y rentable. En la medida de lo posible, los materiales deben ser seleccionados según existencias locales y cercanas a la obra y materiales con requerimientos de mantenimientos minimizados. La Casa de Máquinas, Cuarto de Compresores y Cuarto de Bomba Contra Incendios deben ser fabricados en el sitio. La selección de los paneles laterales o paredes de concreto se debe coordinar con el diseño según las evaluaciones sísmicas y de velocidades del viento.

El aislamiento acústico perimetral de las plataformas y de las casetas para instalaciones que sobrepasen los niveles de ruido permitidos según las normativas locales, deben ser construidos con mamparras o paredes tipo panel metálico, con dos capas de lámina de acero, inyectados con un núcleo de espuma de poliuretano de alta densidad con retardantes contra flama, aislada sin ranuras y debe tener una calificación de baja transferencia de ruido. El panel del techo debe ser del tipo de configuración de estructura acostillado. Tipo de panel seleccionado según el diseño estructural. El color se debe coordinar con el comprador para minimizar el impacto visual de las comunidades vecinas.

La especificación debe ser similar a un formato de 3 partes según el Instituto de Especificaciones de Construcción (CSI). Se hará referencia a los Códigos y estándares de Los Estados Unidos de América y si las solicitudes de sustitución de estos códigos y normas son necesarias se determinará si es equivalente y aceptable.

---

## 6.3. CRITERIOS DE DISEÑO CIVIL

---

### 6.3.1. CÓDIGOS Y NORMAS

Una lista de los diversos códigos y normas que deben aplicarse en las obras civiles están contenidas en el presente.

UBC	Uniform Building Code
ANSI	American National Standard Institute
ACI	American Concrete Institute
AISC	American Institute of Steel Construction
ASTM	American Standards of Testing Materials
AWS	American Welding Society
SSPC	Steel Structure Painting Council
NACE	National Association of Corrosion Engineers
RESES	Reglamento Sísmico de El Salvador
ASTM	Asociación Americana de Ensayo de Materiales
AASHTO	Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes
	Norma técnica para diseño y construcción de estructuras de mampostería
	Reglamento para la seguridad estructural de las construcciones
	Reglamento para la Seguridad Estructural De Las Construcciones
	Norma Técnica Para El Diseño Por Sismo.
	Norma Técnica Para El Diseño Por Viento.
	Norma Técnica Para El Diseño De Cimentaciones y estabilidad de Taludes
	Norma Técnica Para Control De Calidad De Los Materiales Estructurales

---

### 6.3.2. INVESTIGACIÓN GEOTÉCNICA Y TOPOGRAFIA

Una investigación geotécnica del sitio debe ser completada por profesionales autorizados. El informe resultante incluirá recomendaciones para la sección de construcción de carreteras, drenajes, excavación y apuntalamiento y movimiento de tierra en general debe incluir materiales de relleno y compactación. Se identificará la ubicación de material de relleno de calidad aceptable si fuera necesario utilizar. La evaluación geotécnica presentará las recomendaciones para los artículos mencionados anteriormente y otros aspectos civiles pertinentes deben ser incorporados en el diseño global de la planta civil.

Un mapa topográfico de toda la zona del proyecto se preparará con la cartografía topográfica detallada adicional hecho en sitios específicos como sea necesario para el diseño. Una red de mojones de control, horizontales y verticales se establecerá en toda el área del proyecto.

---

### 6.3.3. DESPEJE DEL SITIO

En todas las áreas donde la construcción se debe realizarse debe eliminar todos los árboles, troncos, otra vegetación, rocas, basura, pavimentación abandonada y fundaciones abandonadas, y otros materiales naturales y artificiales. El suelo superior se debe eliminar a una profundidad mínima de 150 mm y debe ser amontonado para su almacenado; debe ser luego más tarde extendido sobre taludes de relleno terminados en zonas para jardinear.

Un diseño de la distribución de la Central de Generación debe ser preparado para utilizar eficientemente el área de tierra disponible para ubicar las instalaciones de la planta, las instalaciones de separación de salmuera / vapor, un estanque de almacenamiento de salmuera, edificios administrativos y edificios auxiliares. El acceso principal al complejo industrial y el acceso al sitio debe ser incluido en el plano. La distribución de la planta debe ser aprobada por el comprador.

---

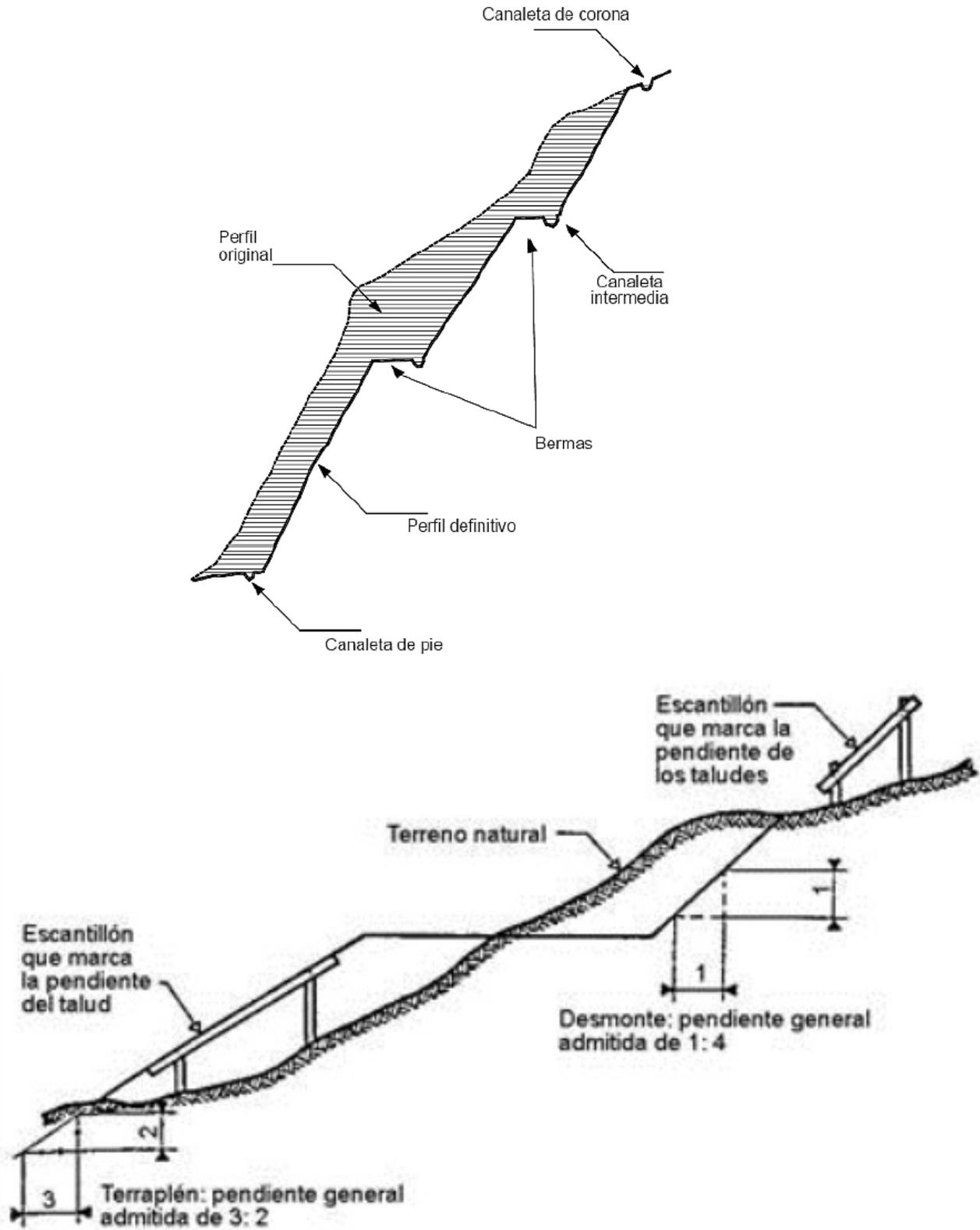
### 6.3.4. MOVIMIENTO DE TIERRA

El Movimiento de tierras general para el proyecto consistirá en la excavación de suelos nativos hasta la subrasante; preparación de la subrasante para recibir la colocación de relleno, material de base, o fundaciones; colocar y compactar el material de relleno; y la colocación y compactación de materiales de superficie de roca de caminos de acceso, pozos, y el emplazamiento de la Central de Generación.

Movimientos de tierra para la construcción de plantas de energía consistirá en la excavación y el relleno de grandes fundaciones; preparación de los caminos, debe incluir la clasificación y compactación de la subrasante; colocación y compactación de subbase; y excavación de zanjas y relleno de zanjas para tuberías nuevas instalaciones subterráneas y accesorios. Ver artículos 5 hasta el 16 para los criterios de diseño de movimiento de tierras pertinentes. El diseño de taludes se desarrollará para incorporar transiciones de pendientes de taludes en lugar de muros de contención, si es posible. Si las estructuras de contención son necesarias, se mostrarán en los Planos de Taludes y detalles proporcionados.

Todo movimiento de tierras realizado debe adherirse a las recomendaciones proporcionadas en la evaluación geotécnica para el sitio.

Debe mantenerse todas las excavaciones drenadas en todo momento para garantizar la estabilidad estructural y asegurarse de que las excavaciones estén secas antes de comenzar las operaciones dentro de la excavación. Las operaciones de movimiento de tierras, no se debe llevar a cabo, excepto cuando el suelo esté suficientemente seco y en un estado que no se produzcan ahuellamientos excesivos.



Esquema No.2: Perfil de estabilización para conformación del talud y bermas.

---

### 6.3.5. PAVIMENTACIÓN DEL SITIO, CARRETERAS Y PARQUEO

La carretera de acceso principal al sitio de la Central de Generación debe ser de 7 metros de ancho. Las carreteras primarias dentro de la planta deben ser de un mínimo de 6 metros de ancho, con hombros de 1 metro de ancho adicional. Tanto el acceso, caminos y pavimentos del sitio de la planta recibirán pavimento asfáltico. Cualquier pavimentación de asfalto debe ser diseñada utilizando el método AASHTO para el diseño de pavimento flexible y una carga diaria equivalente de un número adecuado de pasadas de diversos tamaños de vehículos. La superficie del sitio fuera de las zonas pavimentadas de la planta debe ser de 150 mm con 40 mm de agregado triturado.

La fiabilidad de la sección pavimentada debe ser verificada por los métodos AASHTO para el diseño flexible y rígido de pavimento. La compactación de suelos nativos y relleno importado bajo carreteras y fundaciones deben ser de acuerdo a la norma **ASTM D1557**.

El agua de lluvia que cae en el emplazamiento de la Central de Generación se separa en corrientes de contacto y sin contacto. El agua de lluvia de contacto se considera aquella con la que la precipitación podría entrar en contacto con hidrocarburos. Las áreas de contacto deben ser identificadas y se proporcionará elementos de contención alrededor de los equipos expuestos. Los drenajes de las áreas de contención deben tener una válvula de salida normalmente cerrada. Cuando las válvulas se abren manualmente, el agua de lluvia fluye por gravedad a un separador de aceite / agua, en adelante OWS (por sus siglas en inglés).

Las aguas pluviales sin contacto deben ser dirigidas por flujo superficial para atrapar cuencas y llevado bajo tierra hacia un sistema de tuberías de flujo por gravedad.

---

### 6.3.6. ELIMINACIÓN DE DESECHOS

Los residuos sanitarios fluirán por las tuberías por gravedad a un tanque recolector que debe ser evacuado por un camión aspirador fuera del sitio para su eliminación. El tanque recolector estará dimensionado para contener al menos dos semanas de residuos sanitarios para la planta. El dimensionamiento del tanque debe ser determinado basado en el número de trabajadores y los cambios proyectados para el sitio. El depósito de recogida se encontrará en un área que se puede acceder en camión desde la carretera y cerca de los baños y área de descanso según sea factible.

El agua aceitosa recolectada de drenajes en la zona de almacén y de la turbina, junto con los desagües provenientes de las áreas de contención de transformadores fluirán por gravedad al separador OWS. Una válvula de accionamiento manual estará en línea entre las cuencas de contención del transformador y el OWS.

Esta válvula debe ser normalmente cerrada para proteger la OWS y el sistema de aguas pluviales de un mezclado con el aceite si el transformador tuviera una falla catastrófica. Después de los acontecimientos normales de precipitación, un operador abrirá la válvula para permitir que el agua de lluvia fluya al OWS y cerrará la válvula después de vaciar la cuenca de contención del transformador. El OWS debe ser diseñado para los caudales esperados y efluente que contiene no más de 20 mg / l de hidrocarburos. El efluente de la OWS fluirán por gravedad al sistema de recolección de agua de lluvia, si es posible a un sumidero junto con las bombas sumergibles de efluentes que bombearán las aguas residuales al sistema de recolección de aguas pluviales.

Los parámetros de diseño deseado para tuberías de drenaje por gravedad subterráneo debe incluir una velocidad mínima de 0,8 a 0,9 metros por segundo.

### 6.3.7. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN

Las especificaciones de construcción civil deben ser desarrolladas por el Vendedor para utilizarse durante la ejecución del proyecto. La especificación debe ser en CSI. Se hará referencia a los códigos y normas de Estados Unidos. Eventuales solicitudes por parte del Contratista para la sustitución de los códigos y normas deben ser determinadas por el Comprador para ser aceptables o inaceptables. Los productos indicados en las especificaciones se basarán en los proveedores estadounidenses. El comprador determinará si los entregables con los productos alternativos son equivalentes y / o aceptable. Los métodos de construcción indicados en las especificaciones se basarán en las prácticas de los Estados Unidos. El Comprador revisará las desviaciones propuestas de los métodos especificados y determinará si la desviación se encuentra dentro de los parámetros de la especificación.

### 6.4. CRITERIOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL

El diseño del equipo debe basarse en la mayor de las cargas estáticas y dinámicas calculadas e impuestas en todo el rango potencial de funcionamiento del equipo y también debe incorporar las siguientes cargas de aditivos:

1. El diseño de las cargas vivas para servicios o plataformas de acceso, pasarelas o plataformas de funcionamiento debe ser de 5 kPa (105 libras por pie cuadrado) uniformes o 450 kg (1000 libras) de carga concentrada, la que sea mayor.
2. El diseño de la carga de viento debe ser de 145 kilómetros por hora (90 mph/40 metros/segundo, velocidad de ráfaga de viento de 3 segundos) Exposición C y factor de importancia = 1,15 por ASCE 7 2005 Cargas de diseño mínimas para edificios y otras estructuras.
3. El diseño sísmico se ajustará a lo siguiente como se ha señalado en el Código Uniforme de Construcción para equipos y componentes de equipos. Las cargas que se muestran a continuación son factorizadas y no se han dividido entre 1.4 para conocer la Tensión admisible de diseño.

#### Notas:

1. El equipo eléctrico, mecánico, de fontanería y las máquinas de proceso y sus conductos asociados, los ductos y tuberías, que estén adjuntos o que sean soportados por otras estructuras, incluidas las estructuras y anexos de soporte están sujetos a la Condición 1.
2. La Chimenea y las Pilas que están sujetadas lateralmente o que son soportadas por un marco estructural, usan la Condición 1.
3. Los transformadores, interruptores, tanques, recipientes, silos, pilas, soportes de almacenamiento, torres de enfriamiento, torres reforzadas y torres de telecomunicaciones están sujetos a las condiciones de 2 o 3 (dependiendo de si el periodo es mayor que 0,06 segundos o menor que 0,06 segundos).
4. Los tanques, recipientes, silos, pilas, soportes de almacenamiento, torres de enfriamiento, torres reforzadas y torres de telecomunicaciones están sujetos a Condiciones 2 y 3.
5. Los edificios, recintos, salas de control de potencia, sistemas estructurales similares a los edificios y los soportes de tuberías están sujetos a las condiciones 4.

## 6.5. CRITERIOS DE DISEÑO ELÉCTRICO

Todos los equipos, componentes, dispositivos y materiales eléctricos proporcionados deben ser adecuados para su instalación y su uso en el entorno descrito en específico. Se debe prestar especial atención a la presencia de H<sub>2</sub>S y su efecto sobre la corrosión. El equipo eléctrico suministrado para la instalación en Áreas Peligrosas debe cumplir los requisitos especificados en el NEC para la Instalación en Áreas Peligrosas.

Los conductos y las entradas de los cables hacia los recintos deben estar solamente en la parte inferior.

## 6.6. CRITERIOS DE DISEÑO DE INSTRUMENTOS Y CONTROLES

### 6.6.1. CÓDIGOS Y NORMAS

Los códigos y especificaciones de la siguiente lista deben ser preferibles en vez de otros códigos:

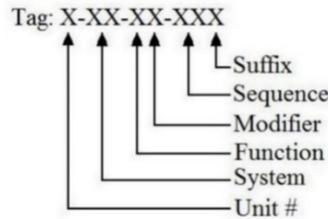
DESIGNACION	ENTE REGULADOS, ASOCIACIÓN ADMINISTRATIVA, SOCIEDAD O INSTITUCIÓN
ANSI	Instituto Nacional Estadounidense de Estándares
ASME	Códigos para Calderas y Recipientes a Presión de la Sociedad Americana de Ingenieros.
ASTM	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales
IEC	Comisión Electrotécnica Internacional
IEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
ISA	Asociación de instrumentación de los Estados Unidos.
ISO	Organización internacional de Normalización
NEMA	Asociación Nacional de Fabricantes Eléctricos
NEC	Código Eléctrico de EEUU.

### 6.6.2. DIAGRAMA DE PROCESOS E INSTRUMENTOS (P&ID)

El etiquetado/numeración de instrumentos debe seguir las normas ISA. A los instrumentos relacionados con un recipiente se les debe dar la misma secuencia numérica que al propio recipiente. A los instrumentos, válvulas, etc. relacionados con un lazo de regulación común se les debe dar la misma secuencia numérica. A las líneas y al equipo paralelo se les asignarán sufijos como A, B, C, etc. Las secuencias numéricas para el equipo provisto por el proveedor deben estar comprendidas entre 500 y 900. Deben llenarse todos los espacios del Sistema Programable de Control de la Planta o PCS (Por sus siglas en inglés), etc.

### 6.6.3. CONVENCIONES DE NOMENCLATURA DEL ETIQUETADO DE INSTRUMENTOS

Las normas ISA deben utilizarse para la nomenclatura del sistema. La siguiente gráfica muestra la secuencia



Ejemplo:	1-CC-PT-100A
Unidad #	1 (implícita: no se muestra en P&ID pero si en la base de datos)
Sistema	CC
Función	P (presión)
Modificador	T (transmisor)
Secuencia (Bucle)	100
Sufijo	A (para diferenciar entre trenes paralelos)

### 6.6.4. UNIDADES DE MEDIDA

La siguiente tabla enumera las unidades de medida estándar que deben utilizarse en el proyecto.

Nombre de la unidad	Unidad	Notas
Temperatura ambiente	°C	
Área	mm <sup>2</sup>	
Presión barométrica y de vacío	mbar	absoluta
Presión base	bar	Manom.
Apertura de la válvula de control	%	
Densidad	kg/m <sup>3</sup>	
Presión de diseño	bar	Manom.
Diámetro (tubo o válvula)	pulg	
Presión diferencial	mbar	
Frecuencia	1/s	
Flujo de gas	kg/s	
Latencia del calor	kJ/kg	
Longitud	m	
Flujo líquido	m <sup>3</sup> /h	
Presión	bar	Manom.
Calor específico	kJ/kg-K	
Flujo de vapor	kg/s	
Temperatura	°C	
Velocidad	m/s	
Viscosidad	cP	

---

### 6.6.5. LAS VARIABLES DE INSTRUMENTOS Y CONTROL DEL PROYECTO DEBE INCLUIR:

1. Lista de instrumentos  
La lista de instrumentos debe incluir información sobre los instrumentos mostrados en los diagramas de P&ID.
2. Hojas de datos de instrumentos según ISA  
Hojas de datos de instrumentos según ISA elaboradas para todo el instrumental necesario para el Balance de la planta (BOP, por sus siglas en inglés).
3. Instrumentos para calcular el caudalímetro y la longitud del termo pozo
4. Detalles de instalación de los instrumentos  
Los detalles de instalación de los instrumentos debe incluir los datos de instalación de los mismos e indican la correcta instalación, orientación, y otros datos de los instrumentos.
5. Esquemas con Terminaciones  
Este documento muestra información de las terminaciones del cableado para todo el cableado de control de la planta. Este documento debe generarse en dos orientaciones diferentes: por Cables y por Panel.
6. Lista de "I/O" (Entradas/Salidas)  
Este documento resume el sistema de entrada/salida (I/O) del PCS de la Planta mediante un desglose detallado por etiqueta, descripción, tipo de I/O, tipo de señal, ubicación, información de alarma, requisitos de antecedentes, etc.

---

### 6.6.6. MEDIO DEL PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN

Comunicaciones en serie:

- EIA-485, 5/C con blindaje total; cobre estañado trenzado.
- Fibra 62.5/125 850nm, 1300 nm multimodo
- Fibra 9/125 1300nm, 1500 nm modo único
- IP Ethernet, TCP/IP Modbus, cable Cat 5e

Los otros medios de protocolo de comunicación utilizados dentro del sistema deben ajustarse a las recomendaciones del fabricante.

---

## 6.7. CONTROL DE LA ESTACION DE SEPARACIÓN

---

### 6.7.1. CONTROL DEL MOTOR

Los motores de medio voltaje con capacidad de control desde el PCS deben tener salidas separadas de contacto momentáneo de ARRANQUE y PARO comandadas por el PCS. Cada uno de los motores se operará desde el PCS de la Planta y desde el tablero de conmutación (MCC). Los motores de baja tensión deben ser controlados por dispositivos de control inteligente.

---

### 6.7.2. VÁLVULAS SOLENOIDE

En general las válvulas solenoide se alimentarán con 125 VCD. Cualquier Válvula solenoide energizada por UPS y controlada por el PCS debe utilizar un circuito ramal de alimentación

independiente del panel de control principal del circuito de la UPS. Todas las válvulas de solenoide se especificarán como de alta temperatura nominal para la operación continua a prueba de fallos.

---

### 6.7.3. VÁLVULAS MOTORIZADAS

En general las válvulas motorizadas se alimentarán con 480 VCA. Las válvulas deben tener una interfaz integrada de control local dentro del actuador de la válvula. Los controles locales deben incluir un conmutador HOA y botones de apertura/cierre. No se usará ninguna válvula que requiera un panel de control local independiente o transformador de control de potencia externa por separado. El control de la válvula motorizada debe ser a través del PCS de la Planta utilizando puntos analógicos y discretos según sea necesario.

---

### 6.7.4. VÁLVULAS NEUMÁTICAS DE ENCENDIDO/APAGADO

Las válvulas neumáticas de encendido/apagado deben ser controladas mediante válvulas neumáticas de solenoide de alimentación normal de 125 VCD de manera que con la pérdida de aire o de potencia un resorte regrese la válvula a su posición de falla. Para contar con una indicación de la posición de la válvula en la HMI, las válvulas deben contar con interruptores de límite cableados que suministren esta retroalimentación positiva.

---

### 6.7.5. VÁLVULAS NEUMÁTICAS DE MODULACIÓN

Las válvulas neumáticas de modulación se controlan por medio de una señal de control de salida de 4-20mA desde el PCS de la Planta. Para contar con una indicación de la posición completamente abierta/cerrada de la válvula en la HMI, las válvulas deben contar con interruptores de límite cableados que suministren esta retroalimentación positiva. Se deben utilizar posicionadores de válvula inteligente HART. La información del posicionador se superpondrá a la señal de control analógica y debe ser leída por el PCS de la Planta y utilizada para mostrar la posición real de la válvula para la pantalla de la HMI del operario. Para Válvulas del tipo acción de cierre directo ante falla y apertura con aire, la señal de salida de control de 4-20 mA debe ser equivalente al 0-100% de apertura. Para Válvulas del tipo acción de apertura reversa ante falla y cierre con aire, la señal de salida de control de 4-20 mA debe ser equivalente al 0-100% de cierre. De esta manera, si la señal de 4-20 mA o el suministro de aire fallan, la válvula volverá a su posición de seguridad contra fallos.

Los paneles de control local no deben ser necesarios.

---

### 6.7.6. CONEXIÓN A TIERRA

Para sistemas de control e instrumentación se establecerá un sistema de puesta a tierra de punto único. Este debe ser aislado de la puesta a tierra del sistema de potencia excepto por un único punto de conexión a la cuadrícula de puesta a tierra de la planta principal. La conexión debe hacerse directamente a la cuadrícula de puesta a tierra de la planta a través de un conductor adecuado y dedicado bañado en cobre sin el uso de acero de construcción o de cualquier otro medio intermedio.

---

### 6.7.7. ALIMENTACIÓN DE LA UPS

El estado y las condiciones de fallos de la UPS deben ser señalados en la interfaz del operador del PCS de la Planta.

## 6.8. SELECCIÓN DE LA INSTRUMENTACION

A continuación, se detalla la selección de instrumentación para el proyecto de Ciclo Binario II Berlín. Los instrumentos de campo deben ser llevados directamente al PCS de la Planta. En general, todos los instrumentos de campo o sus gabinetes deben ser IP65. Los instrumentos inteligentes HART se utilizarán cuando sea aplicable y el “Marshalling” electrónico debe ser aceptable en disparos o señales no críticas.

Las señales de proceso crítico (nivel del condensador, etc.) utilizarán instrumentación triple redundante (con voto 2 de 3). Cada instrumento estará conectado a un cable por separado en el PCS de la Planta y utilizará módulos de I/O (ENTRADAS/SALIDAS) diferentes para reducir al mínimo la señal completa de fallo debido al fallo de la tarjeta de I/O (ENTRADAS/SALIDAS) de un instrumento. La medición del proceso crítico se definirá dentro del P&ID de la planta.

---

### 6.8.1. TRANSMISORES DE PRESIÓN Y PRESIÓN DIFERENCIAL

El proveedor preferido para los transmisores de presión y presión diferencial debe ser de las marcas Rosemount, Sierra o Yokogawa, con HART habilitado y debe incluir pantallas LCD. En general, los transmisores de presión diferencial utilizados para la medición del flujo utilizarán múltiples de 5 válvulas.

---

### 6.8.2. TRANSMISORES DE PRESIÓN

Los transmisores de presión deben utilizar múltiples de 2 válvulas. Para transmisores de presión y presión diferencial utilizados en servicios de vapor geotérmico, se usarán sellos de diafragma remotos con plataformas de ventilación conectadas a las válvulas de aislamiento que permitan que los sellos de diafragma remotos se aislen del proceso con las válvulas raíz y puestas a cero o calibradas usando el anillo de aislamiento de la válvula.

Para la medición de presiones, se utilizarán transmisores Rosemount, Sierra o Yokogawa con protocolo HART o iguales.

---

### 6.8.3. TRANSMISORES DE FLUJO

- Para líneas con tamaño de 6” y menores, se utilizarán medidores de flujo magnético con indicadores locales si las condiciones de proceso garantizan su uso. Rosemount, Krohne o iguales. En estos casos, los medidores de flujo magnéticos requieren menos diámetros aguas arriba/abajo y su costo es competitivo con instalaciones anubar o de placa con orificio. Los medidores de flujo magnéticos deben aceptar una alimentación del sistema de 120VCA si es necesario y deben proporcionar una señal de salida de 4-20mA para el PCS de la Planta, así como proveer otras variables de medición de flujo a través del protocolo HART.
- Las placas con orificio se utilizarán para las líneas en las que la caída de presión permanente no afecte la producción del generador. Los orificios acondicionados en placas se utilizarán cuando sea posible. Siempre que sea posible se utilizarán colectores integrales con pantallas locales montadas de forma remota. El flujo real debe ser enviado como una señal de 4-20 mA con presión, presión diferencial y temperatura de salida (si procede) como variables adicionales mediante el protocolo HART.

---

#### 6.8.4. TRANSMISORES DE NIVEL

- Nivel del condensador - para el control y monitoreo se usarán radares transmisores de nivel de onda guiada compatibles con HART o equivalentes. Rosemount, Krohne o iguales
- En aplicaciones no críticas, pueden ser utilizados indicadores de nivel local con radares transmisores integrales de nivel de onda guiada. Magnetrol, Krohne o iguales. Dependiendo del uso, también se puede utilizar un transmisor de nivel de presión diferencial para la medición de nivel.

---

#### 6.8.5. ELEMENTOS DE TEMPERATURA

Los proveedores preferidos de elementos de temperatura y termo pozo deben ser las marcas Rosemount, Krohne o Yokogawa, con HART habilitado, todas las señales RTD deben ser cableadas directamente al PCS de la Planta. Las señales T/C usarán un transmisor 4-20 mA con pantalla local.

---

#### 6.8.6. MONITOREO DE VIBRACIÓN

- El monitoreo de vibración del equipo de la planta utilizará un sistema de monitoreo de vibración común Bently Nevada 3500. Se asume que todo el equipo de la planta que requiere monitoreo de vibración mencionado a continuación debe ser capaz de utilizar un sistema 3500. Si el diseño de la planta es tal que la distancia del equipo monitoreado del panel del sistema de monitoreo de vibración común 3500 supera el margen de longitud del cable, podrían requerirse equipo adicional o sistemas de vigilancia Bently Nevada 3500 por aparte.
- Las bombas del pozo caliente y otras bombas de media tensión deben ser proporcionadas por el proveedor con sondas para medición de vibración de tipo sísmico. Las bombas de pozo caliente, salmuera y otras bombas de media tensión deben tener un acelerómetro tipo sonda de vibración en cada rodamiento del motor. La bomba de vacío debe tener una sonda de vibración en la caja de engranajes. Cada una de estas sondas de vibración enviará la señal de vibración a un sistema común de monitoreo de vibraciones Bently Nevada 3500 o equivalente. Cada motor tendrá también Detectores de Resistencia de Temperatura (RTD) de los cojinetes en cada cojinete, los cuales también deben estar conectados al sistema de monitorización de vibraciones. El equipo del sistema de monitoreo de vibraciones se alojará en un gabinete IP65 con un sistema de purga si se encuentra fuera de un edificio con control de H<sub>2</sub>S/temperatura. El sistema de monitoreo de vibraciones se comunicará con el PCS de la Planta a través de Protocolo de Control de Transmisión Modbus o similar. Para cada entrada de la sonda de vibración y RTD de temperatura del cojinete, se proveerán contactos secos ajustables de vibración/temperatura alta y alta para las entradas de alarma y disparo para utilizarlos en las señales cableadas de alarma y disparo.

---

#### 6.8.7. MANÓMETROS DE PRESIÓN

Los manómetros de presión deben tener un conector de válvula y válvula de purga 316 SS. El diámetro de la carátula debe ser de 4.5". Se usarán manómetros Ashcroft o WIKA. Para aplicaciones con vapor, el manómetro debe contar con un sifón para prevenir que el vapor crudo se introduzca

dentro del manómetro. Los tubos de bordón no deben utilizar aleaciones de cobre debido al ambiente con H<sub>2</sub>S. Se prefiere acero inoxidable.

---

### 6.8.8. MANÓMETROS DE PRESIÓN DIFERENCIAL

Se usarán manómetros con carátula de 5" de diámetro. Los tubos de bordón no deben utilizar aleaciones de cobre debido al ambiente con H<sub>2</sub>S, se prefieren SS316. Se usarán manómetros Ashcroft u Orange Research.

---

### 6.8.9. INDICADORES DE TEMPERATURA

Los indicadores de temperatura deben ser con carátula ajustable de 5" de diámetro para máxima visibilidad. Se debe proveer termo pozo con cada indicador. Se usarán manómetros Ashcroft o WIKA.

---

### 6.8.10. INDICADORES DE NIVEL

En general, se usarán indicadores de gráfico de barras K-Tek o Magnetrol de alta visibilidad enclavados magnéticamente o a un flotador.

---

## 6.9. INSTALACIÓN DE INSTRUMENTOS

En la medida en que sea práctico, los instrumentos no se montarán directamente en tuberías o recipientes de proceso. En general, los instrumentos se instalarán en tubos galvanizados de 2" de diámetro atornillado al piso. Los gabinetes deben ser de clasificación IP65. En general se debe utilizar "Tubing" y "fittings" Swagelock o Parker.

Se definirán los requisitos de líneas con tazas de vapor para la instrumentación con líneas de impulso según sea necesario.

---

### 6.9.1. CABLEADO PARA I&C Y PANELES DE CAMPO (MARSHALLING)

El cableado debe ser de cobre estañado trenzado de 2.5 mm<sup>2</sup> o 1.5 mm<sup>2</sup> en bandeja de 600 voltios. Las señales de 4-20 mA usarán pares con escudo trenzado con cables multiconductores con blindaje total adicional. Se separarán los cables de control de señal digital de los cables de señal analógica. Los materiales deben ser glándulas de 316SS para conectarse a la instrumentación de campo y cajas de conexión en 316 SS con accesorios que provean una conexión a prueba de fuga. En general, todas las conexiones de cableado de la instrumentación deben ser de M20 x 1.5.

Los paneles de campo tipo "Marshalling" usarán bloques de terminales de tipo compresión. Cuando corresponda, se pueden usar sistemas de sellado con glándula Roxtek en lugar de glándulas 316SS. Se proveerá como mínimo 10% de espacio libre en los terminales con un 20% adicional en los rieles DIN del bloque de terminales.

Los paneles fuera de la sala de equipo eléctrico, la sala de control u otros edificios con control ambiental deben ser IP65 y de acero inoxidable o de material equivalente aprobado e incluir emisores inhibidores de corrosión "Z-Rust" para minimizar el efecto del H<sub>2</sub>S. Los paneles dentro del edificio de control o dentro de ambientes controlados contra H<sub>2</sub>S deben ser al menos grado IP55 y de aluminio o acero pintado. Los paneles deben contar con entrada inferior. Las placas/sistemas de glándula deben tener 20% de espacio para orificios de prevista o tapados.

## 6.10. CRITERIOS DE DISEÑO MECÁNICO

### 6.10.1. CÓDIGOS Y NORMAS

Los códigos aplicables, normas y reglamentos están enumerados en la Sección 1 y 2 del Anexo A. Los sistemas y equipos deben ser diseñados de acuerdo con la última edición y adiciones en vigor en la fecha efectiva de la ejecución del contrato, a menos que se indique lo contrario. Cuando exista conflicto entre las diversas Normas Internacionales y Normas de Estados Unidos, los requisitos más estrictos deben prevalecer.

### 6.10.2. PARÁMETROS DE DISEÑO

Las condiciones ambientales del sitio se deben definir en los Criterios de Diseño generales. Las condiciones atmosféricas deben ser consideradas en el diseño del proceso.

Los principales cálculos para dimensionar equipos deben incluir análisis hidráulico del sistema bifásico, vapor y agua geotérmica y los cálculos de espesor de aislamiento.

El desarrollo del Balance de Calor y Masa para los diferentes casos implica la integración de la información del proceso, flujos de vapor y agua, presión y temperaturas de los fluidos.

### 6.10.3. UBICACIÓN DE LOS EQUIPOS Y ACCESO

La instalación debe estar diseñada para dar cabida a los espacios necesarios para dar servicio a los equipos, así como para mantener y operar la estación de separación. El acceso a los pasillos y espacios deben ser provistos para la operación, mantenimiento, inspección y movilización de equipos. Se adoptarán medidas para pasarelas de personal, debe incluir puertas, escaleras, descansos, gradas y otros medios de acceso aprobados. Como bases del diseño el ingeniero utilizará la Normativa US OSHA.

### 6.10.4. PROPIEDADES DE CONDICIONES DE SUMINISTRO DEL FLUIDO GEOTÉRMICO

Las condiciones de suministro de salmuera se deben definir en los Criterios de Diseño generales.

Estos suministros deben ser llevados a la entrada del sistema de separación, y luego deben ser enrutados hasta los puntos terminales para determinar el tamaño y la representación en el P & ID, y la identificación de puntos terminales.

### 6.10.5. INTERFAZ DEL SISTEMA DE TUBERÍAS

Las condiciones de interfaz del sistema de tuberías deben definirse en un esquema

### 6.10.6. CONSIDERACIONES DE DISEÑO DE PROCESOS

Donde haya redundancia, el equipo o sistema de tuberías se debe diseñar para permitir el aislamiento y las reparaciones o el mantenimiento del equipo o parte del sistema de manera que al mismo tiempo permita el funcionamiento continuo del sistema y el sistema de separación.

El tipo de fluidos y presión nominal deben regir el tipo de aislamiento a utilizar. Los métodos aceptables de aislamiento mecánico incluirán: desmontaje de figuras “spools” con bridas ciegas, con

cierres tipo antejo y cierres tipo sartén o paleta con espaciadores, donde el tamaño y peso de un cierre tipo antejo se vuelva inmanejable.

Las consideraciones de diseño de detalle para el dimensionamiento de tuberías, diseño de tuberías y carga, aislamiento térmico y revestimiento, válvulas y otros requisitos generales. La necesidad de trazas de calor debe ser evaluada según el clima - y un histórico del clima bajo condiciones de congelamiento - y por el sistema.

## 7.0. ANÁLISIS DEL SEPARADOR

### 7.1. DURANTE EL DISEÑO:

- Prediseño estructural y del proceso.
- Planos constructivos preliminares con Dimensiones y pesos de los equipos a suministrar.
- Especificaciones de los materiales.
- Curva de eficiencia para condición nominal de Operación y como mínimo set de curvas de eficiencia que muestren las condiciones de operación del equipo para rangos de trabajo de las variables como, flujo de entrada al separador, Presiones de operación, calidad del vapor.

### 7.2. DURANTE LA FABRICACIÓN:

Normas y Estándares que deben utilizarse para la fabricación y pruebas a ejecutar a los equipos.

<b>AISC</b>	American Institute of Steel Construction
<b>AISI</b>	American Iron and Steel Institute
<b>ANSI</b>	American National Standard Institute
<b>ASME</b>	American Society of Mechanical Engineers (Boiler and pressure Vessel Code)
<b>ASNT</b>	American Society for Non-destructive Testing
<b>ASTM</b>	American Society of Testing and Materials
<b>AWS</b>	American Welding Society
<b>MSS</b>	Manufacturers Standardization Society of Valve and Fitting Industry
<b>NIMA</b>	National Insulation Manufacturers Association

Planos de detalle de fabricación y procedimientos detallados de fabricación y pruebas.

Todos los certificados de las pruebas de fabricación de todos los materiales, accesorios y equipo a suministrar.

Memoria de cálculo estructural y de proceso. Fuerzas y momentos admisibles en cada una de las boquillas de los equipos Los desplazamientos térmicos bajo las condiciones de

operación para cada una de las boquillas de los equipos Pruebas de eficiencias – set de curvas. Dossier donde se compile toda la información del diseño y fabricación de los equipos.

### 7.2.1. PRESCRIPCIONES GENERALES

Los materiales de tuberías, accesorios, válvulas y otros aditamentos deben cumplir con los estándares ASTM y ANSI, particularmente con lo establecido en los párrafos 105, 106, 107 y 108 de ASME/ANSI B31.1 Power Piping.

### 7.2.2. MATERIALES

EQUIPO	CÓDIGO
Separador Ciclónico, Tanque de agua	ASTM A515 Gr 60, AISI 304
Tubería para vapor y agua Geotérmica	ASTM A 53 Grado B, tipo S o E. ASTM A 106 Gr. B, tipo S o E. API 5L Gr. B, tipo S o E.
Válvula de bola	ASTM A515 Gr 60/ AISI 316
Tees, codos, reductores, yees, Puntos de drenaje	ASTM A 234 Gr. WPB
Bridas	ASTM A 105
Cuerpos de válvulas	ASTM A 216, Gr. WCB ASTM A 105

### 7.2.3. ENSAYOS DE MATERIALES

Todos los materiales a utilizar deben probarse de acuerdo con lo establecido por las Normas ASTM que sean aplicables y si es necesario, debe ser prevista la toma de muestras para ensayos.

Todas las pruebas no destructivas ejecutadas en las válvulas deben ser conforme a la norma ANSI B16.34, otras pruebas suplementarias deben hacerse como lo establecido en ASME Boiler and Pressure Vessel Code.

Cada equipo debe ser suministrado con el respectivo certificado de prueba.

### 7.2.4. SOLDADURAS

#### procedimientos de soldaduras

En la construcción debe usarse solamente procedimientos aprobados. Los procedimientos deben ser de acuerdo con la última edición de "ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section IX".

Para las soldaduras del acero de aleación se debe usar el procedimiento TIG (Tungsten Inert Gas)

### 7.2.5. PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS

Las pruebas no destructivas deben efectuarse de acuerdo con la NORMA ASME, sección V. para la definición de los defectos se debe usar las NORMAS ANSI B31.3

## 7.3. TROPICALIZACIÓN Y PROTECCIÓN CONTRA CORROSIÓN

### Generalidades

Todos los materiales y el equipo suministrado deben ser apropiados para ser entregados, almacenados y operados bajo condiciones tropicales, alta humedad y atmósfera corrosiva conteniendo gases volcánicos corrosivos tal como H<sub>2</sub>S.

El proceso de Tropicalización debe estar de acuerdo con las mejores prácticas industriales.

Se deben adoptar las siguientes limitaciones en la elección de los materiales de los equipos en contacto con los fluidos geotérmicos o instalados en el ambiente:

- a. Cobre y sus aleaciones deben ser eliminados en todos los componentes en contacto con mezcla agua-vapor, vapor, condensados de vapor y con el agua residual.
- b. Cobre y sus aleaciones deben ser eliminados en todos los componentes en contacto con el aire. Deben ser usados el aluminio y/o el acero inoxidable o los componentes deben ser estañados o recubiertos con una capa protectora resistente a la corrosión. La misma limitación vale para el níquel a menos que no sea en aleación con acero austenítico.

## 7.4. METALES

El hierro y el acero deben ser en general pintados o galvanizados o metalizados como sea apropiado para resistir al ambiente al que deben ser expuestos.

Partes internas pueden tener alternativamente como u otro acabado protector apropiado.

Cuando sea necesario usar metales diferentes en contacto, estos deben ser seleccionados de modo que la diferencia de potencial entre ellos en la serie electromecánica no sea tal como para causar corrosión galvánica. Si esto no es posible la superficie de contacto de uno o ambos metales debe ser electro-plateada o de otro modo acabada de tal manera que la diferencia de potencial sea reducida dentro de los límites requeridos, o, alternativamente, los dos metales deben ser aislados el uno del otro por un material aislante apropiado (PVC, teflón, polipropileno con alta densidad) o una capa de compuesto aislante de barniz epóxico.

La tropicalización y protección contra la corrosión de las tuberías de acero al carbono, se aclara que éstas no requieren de ningún tipo de protección adicional a la que provee el acabado negro resultante de su fabricación.

## 7.5. PERNOS, ESPÁRRAGOS Y TUERCAS

Los pernos, espárragos y tuercas de acero, cuando sean usados, deben ser enchapados con zinc, cadmio o cromo, y cuando el enchapado no es posible debido a las limitaciones de tolerancia deben ser de acero resistente a la corrosión. El acero resistente a la corrosión debe ser también usado para pernos y tuercas que se emplearán en la obra cuando uno o ambos estén sujetos a ajustes o remociones frecuentes y para pernos salientes del concreto con tuercas sujetas a remoción o viceversa.

El espesor de la galvanización sobre pernos y tirantes, es del orden de 10 a 15 micrones en la parte interna de la fileteadura.

Las Normas que regulan el acero resistente a la corrosión son:

Pernos y Espárragos	ASTM A 193 B 7
Tuercas	ASTM A 194 Gr. 2 H

### 7.5.1. CERTIFICACIÓN DE LOS MATERIALES Y EQUIPOS.

Se deben entregar para la aprobación los certificados con las características químicas y físicas de los materiales empleados.

### 7.5.2. TRATAMIENTO DE SUPERFICIES

Todas las superficies metálicas sujetas a corrosión deben ser protegidas adecuadamente con recubrimientos aplicados en fábrica, con una o más capas como lo indicado en estos documentos.

La pintura de taller debe protegerse contra daños durante el transporte, almacenaje y montaje con madera u otros medios apropiados.

Las válvulas deben ser limpiadas a presión con partículas de cascajo (grit blasting) antes de pintarlas, certificando este procedimiento u otro equivalente sujeto a revisión.

En lo que respecta al acabado superficial de las tuberías a suministrar, este debe ser el acabado negro resultante de su fabricación. Sin embargo, el borde achaflanado de los extremos debe tener un acabado superficial con pintura de protección de acuerdo a lo especificado.

Las partes que sean soldadas en el sitio de la obra deben ser pintadas en el taller con una pintura protectora fácilmente removible por un solvente.

Esta capa no debe ser menor de 25 micrones de espesor y debe ser permitida dentro de una banda de 150 mm a lo largo de los bordes de soldar.

### 7.5.3. PROGRAMA DE PINTADO

Descripción de equipos	En taller Capa base = a x b
Tubos y válvulas con Aislamiento térmico	Inorgánica rica en zinc 1 x 75 (micrones)
Extremidades a Soldar	Inorgánica rica en zinc (soldable) 1 x 75 (micrones)
Biseles	Capa Anti-corrosiva

Notas: a = número de capas, b = espesor mínimo de la capa seca.

## 8.0. ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA LOS EQUIPOS DE SEPARACIÓN, ACCESORIOS, Y VÁLVULAS.

### 8.1. RECIPIENTES A PRESIÓN.

#### CONDICIONES DE DISEÑO.

El sistema entero, salvo que no esté especificado diferentemente en esta sección, debe ser diseñado para las condiciones siguientes:

Variable de diseño	Valor de diseño
Presión Máxima	17.5 bar g
Temperatura Máxima	207 ° C
Presión Operación	6 - 7 bar g
Temperatura Operación	165-170 °C
Coefficiente sísmico	0.3
Carga del viento	30 m/s

El sistema debe tener una capacidad Nominal de manejo de flujo geotérmico de 550 T/H. Los valores Nominales de vapor y agua para los que deberá funcionar de modo eficiente a una presión de separación de 7 bar<sub>a</sub> son 25 kg/s de vapor y 100 kg/s de agua.

Debido a la naturaleza corrosiva del fluido se debe prever un espesor de corrosión mínimo de 3 mm para la tubería y sus accesorios y de 5 mm para los recipientes a presión.

### 8.2. DESCRIPCIÓN DE EQUIPOS, CARACTERÍSTICAS, SISTEMA DE CARGAS Y REQUERIMIENTOS FUNCIONALES.

#### 8.2.1. SEPARADOR CICLÓNICO

Tienen el objetivo de separar el vapor contenido en el fluido geotérmico.

La eficiencia del Separador no debe ser inferior al 99.9% para limitar al 0.1% en peso la cantidad de agua en el vapor. El agua residual ser recogida en el Tanque de agua del sistema.

El Separador debe ser del tipo vertical con la siguiente colocación de las entradas y salidas:

Entrada tangencial para la mezcla;

Salida del vapor en la parte inferior por medio de un tubo axial en el interno del cuerpo del Separador; Salida radial del agua en la parte inferior del Separador hacia el tanque de agua; Conexión entre el Separador y el tanque de agua "Tubería de equilibrio", por medio de una tubería de diámetro mínimo de 6", al fin de equilibrar las presiones.

Las tuberías de drenaje (boquillas, descargas, válvulas y tuberías) no deben ser menores de 4", a excepción de cualquier conexión para equipos de medición.

El material del cuerpo debe ser acero al carbono ASTM A515 Gr. 60 o equivalente y una lámina del espesor de 10 mm como mínimo en acero inoxidable AISI 304 o equivalente, protegerá el Separador en las zonas sujetas al impacto directo de la mezcla.

El Separador estará protegido contra las sobre presiones por un disco de ruptura montado sobre el Tanque de agua. En la línea de salida del vapor debe estar prevista la posibilidad de alivio al silenciador en el caso se verificarán grandes diferencias de presión entre el Separador y las tuberías aguas abajo de la Válvula de bola.

---

## 8.2.2. TANQUE DE AGUA

Cada Separador ciclónico debe tener su Tanque de agua. El tanque de agua debe ser utilizado para recibir el agua procedente del Separador ciclónico y para controlar el nivel del agua.

**El agua debe ser luego descargada por gravedad a los pozos de reinyección o evacuación a la atmósfera por medio del Silenciador de torre o un Rock Muffler.**

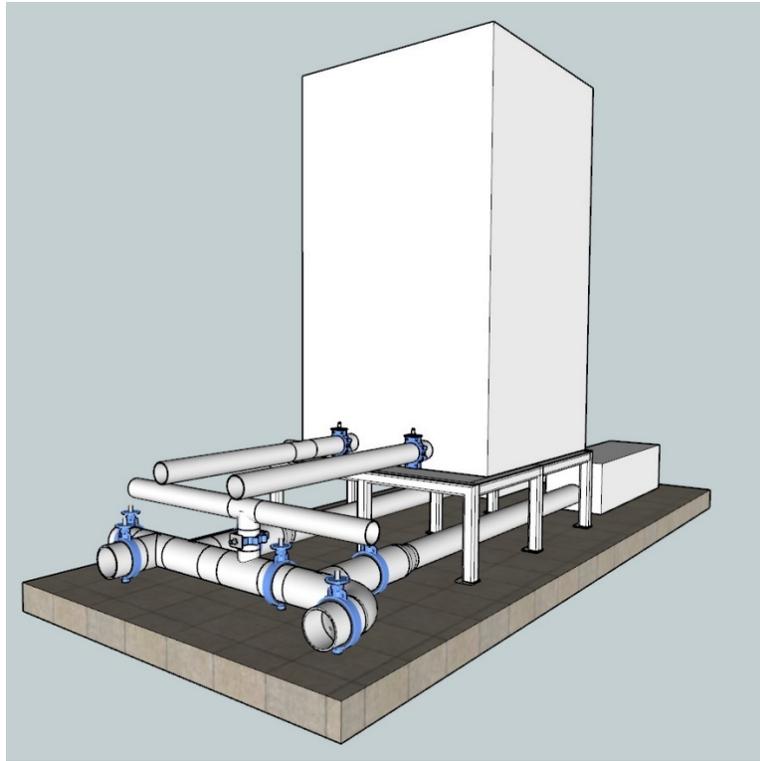
El Tanque de agua debe estar colocado en posición inferior con respecto al Separador. Las tuberías de drenaje (boquillas, descargas, válvulas y tuberías) no deben ser menores de 4”.

La colocación de las entradas y de las salidas debe ser la siguiente:

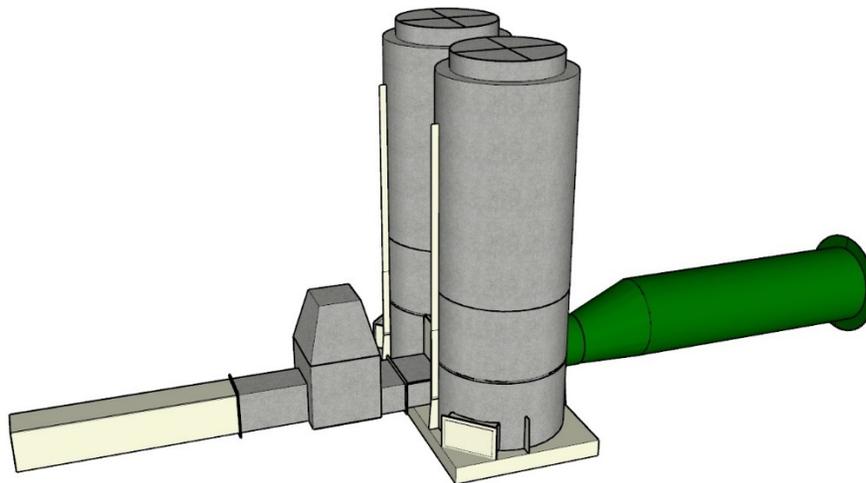
- Entrada del agua superior radial;
- Salida del agua inferior radial.

**El material del cuerpo debe ser de acero al carbono ASTM 515 gr. 60 o equivalente.**

El tanque de agua debe estar protegido contra la sobre presión por un disco de ruptura montado en su parte superior.

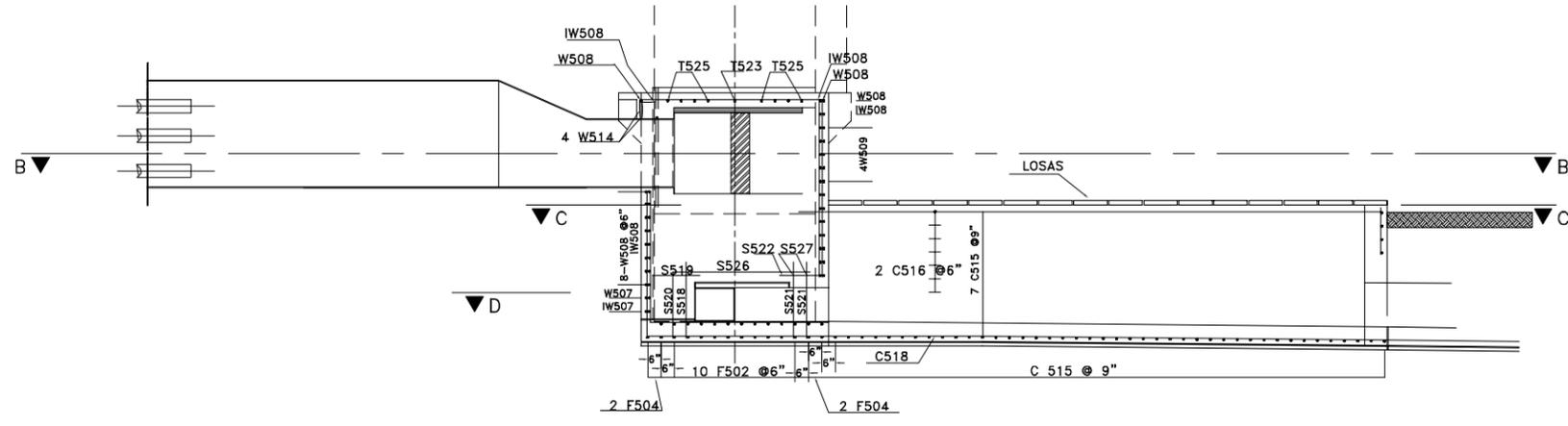


**Imagen No.5: Silenciador Rock Muffler**

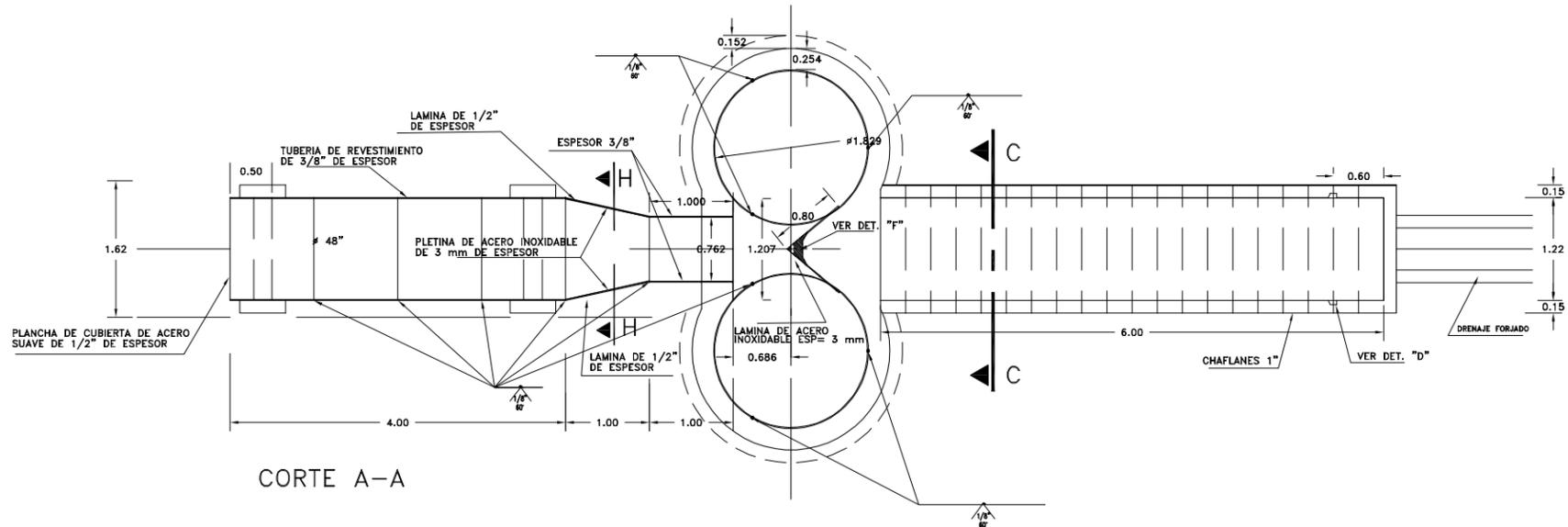


**Imagen No.6 Silenciador Metálico Atmosférico**

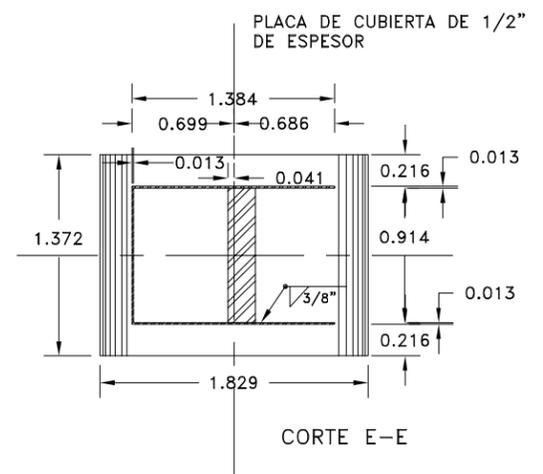
Ver siguiente **Plano No. 5: Silenciador Gemelo de Concreto**



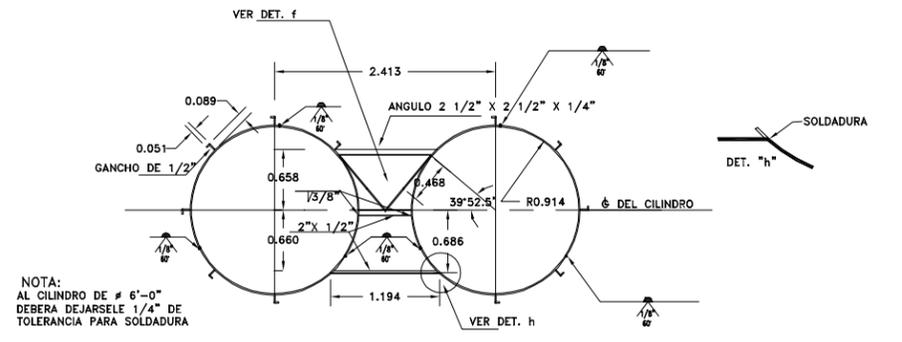
SECCION A LO LARGO DE LA C



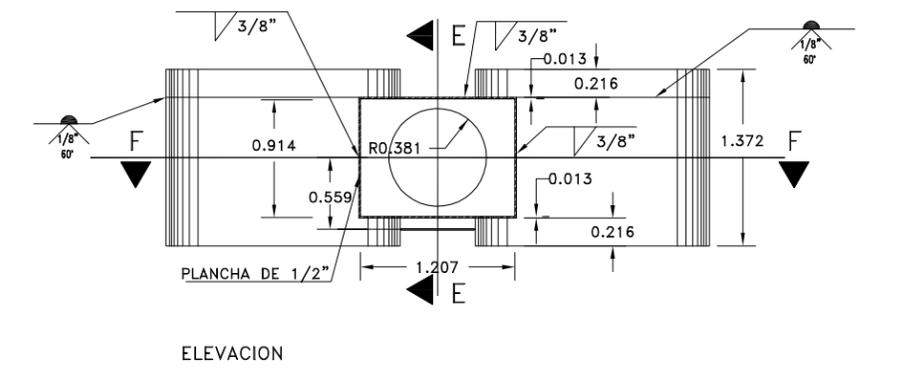
CORTE A-A



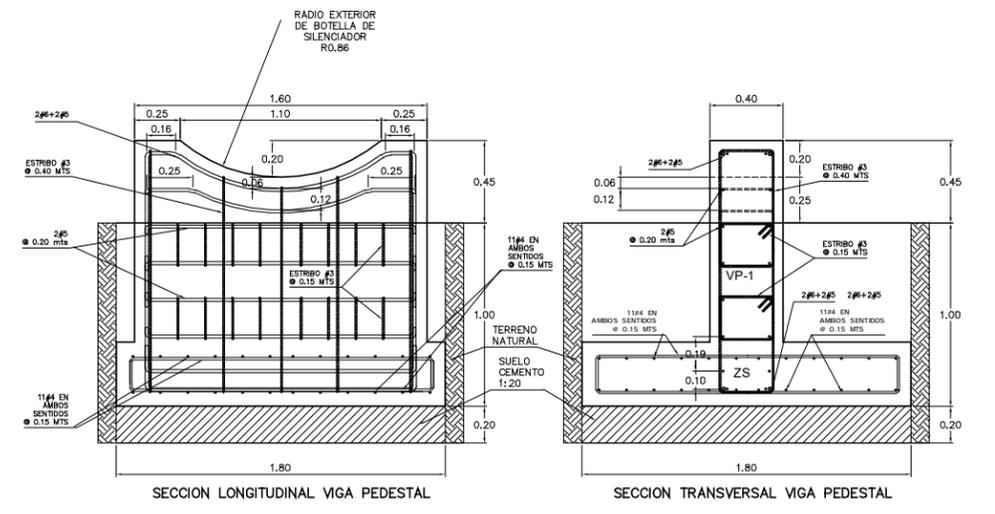
CORTE E-E



NOTA:  
AL CILINDRO DE 6'-0"  
DEBERA DEJARSE 1/4" DE  
TOLERANCIA PARA SOLDADURA



ELEVACION



SECCION LONGITUDINAL VIGA PEDESTAL SECCION TRANSVERSAL VIGA PEDESTAL

DETALLES ESTRUCTURALES APOYOS BOTELLA DE SILENCIADOR

# SILENCIADOR GEMELO DE CONCRETO

---

### 8.2.3. VÁLVULA DE BOLA

Cada Separador ciclónico debe tener su Válvula de bola. La válvula de bola debe ser utilizada para prevenir la entrada de agua a la línea de vapor y debe ser instalada aguas abajo del Separador ciclónico. En caso de inundación en el Separador ciclónico, la bola flotante de la Válvula de bola cerrará la salida de vapor para evitar que grandes cantidades de agua entren a la tubería de vapor.

La bola flotante y los sellos de la Válvula de bola, deben ser diseñados para asegurar un sello perfecto al agua. La flotabilidad de la bola debe ser inferior a 1.5 veces el peso propio de la misma. Por requerimientos de inspección y mantenimiento de la bola flotante, la compuerta correspondiente para tal fin, debe ser ubicada en un lateral de la Válvula misma, y no en su extremo superior.

La bola flotante debe ser diseñada para resistir la presión externa uniforme durante la prueba hidrostática. Debe estar equipadas con bridas Race Face (RF), de acuerdo con las normas ANSI B 16.5.

El material del cuerpo debe ser de acero al carbono ASTM A515 Gr. 60 o equivalente, el material de las partes internas debe ser acero inoxidable (AISI 316 o equivalente) o acero al carbono revestido de acero inoxidable.

La Válvula de bola debe ser de paso completo.

***Ver Plano No.6: Válvula de Bola de referencia***



### 8.3. DATOS TECNICOS PARA EQUIPOS DE SEPARACIÓN.

#### CUADRO DE ESPECIFICACIONES TECNICAS

#### 8.3.1. MATERIALES - SEPARADOR CICLÓNICO

No.	Descripción	Requerimiento
1	Material del cuerpo del separador ciclónico	Acero al carbono ASTM A515 Gr. 60, AISI 304
2	Lámina protectora en zonas de impacto de mezcla en el Separador Ciclónico	Acero Inoxidable >10 mm de espesor AISI 304 o equivalente
3	Bridas	ASTM A 105
4	Espárragos	ASTM A 194- Grado B 7
5	Tuercas	ASTM A 193- Grado 2 H
6	Empaques metálicos	Acero inoxidable, devanado en espiral Flexible o similar.
7	Material Tapas tori-esféricas y faldón de soporte	ASTM A 53 Grado B, tipo S o E., ASTM A 106 Gr. B, tipo S o E., API 5L Gr. B, tipo S o E.
8	Tubería	ASTM A 53 Grado B, tipo S o E., ASTM A 106 Gr. B, tipo S o E., API 5L Gr. B, tipo S o E.
9	Cuerpos de válvulas	ASTM A 216, Gr. WCB, ASTM A 105

#### 8.3.2. PROCEDIMIENTOS Y NORMAS – SEPARADOR CICLONICO, TANQUE DE AGUA, VALVULA DE BOLA, TUBERIAS, ACCESORIOS, VALVULAS

No.	Descripción	Requerimiento
1	Pruebas complementarias	ASME Boiler and Pressure Vessel Code.
2	Soldaduras, materiales	ASME Boiler and Pressure Vessel Code Section IX
3	Construcción tanques a presión	ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Sección VIII "Unfired Pressure Vessels".
4	Prueba por el método de contacto	ASTM E 114-75
5	Pruebas radiográficas	ASTM E 94-77
6	Control de calidad de la prueba radiográfica	ASTM E 142-77
7	Examen de las partículas magnéticas	ASTM E 709-80
8	Inspección liquido penetrante	ASTM E 165-80

9	Tuberías, accesorios y válvulas	ASME/ANSI B31.1.
10	Preparación de bordes	NORMAS ANSI.
11	Pruebas no destructivas	NORMA ASME, sección V

### 8.3.3. DIMENSIONAMIENTO Y PESO-SEPARADOR CICLÓNICO

No.	Descripción	Unidades
1	Diámetro externo	mm
2	Diámetro interno	mm
3	Espesor de lámina externa	mm
4	Altura de la parte recta	mm
5	Diámetro boquilla de entrada de mezcla	mm
6	Diámetro conexión salida de vapor y tubo interno	mm
7	Diámetro boquilla de interconexión a Tanque de Agua	mm
8	Diámetro boquilla porta-disco de ruptura	mm
9	Diámetro boquilla de interconexión de tubo de equilibrio	mm
10	Diámetro boquilla de drenaje del equipo	mm
11	Diámetro registro de hombre	mm
12	Peso del separador vacío y lleno con agua	kg
13	Ubicación de las tomas para medición	

### 8.3.4. CONDICIONES DE DISEÑO-SEPARADOR CICLÓNICO

No.	Descripción	Requerimiento
1	Presión máxima	17.5 bar g
	Presión Operación	6-7 bar g
2	Temperatura máxima	207 ° C
	Temperatura Operación	165-170 ° C
3	Máximo contenido de agua en el vapor de salida	0.01%
4	Capacidad del Separador Ciclónico	550 T/H
5	Caudal de vapor máxima a manejar en el Separador Ciclónico a una presión de 7 bar a	25 kg/s
6	Caudal máximo de agua a manejar en el Separador Ciclónico a presión de 7 bar a	100 kg/s
7	Coefficiente sísmico	0.3
8	Carga del viento	30 m/s
9	Fuerzas admisibles boquilla de entrada-Separador Ciclónico	Valor
	FX (Newton)	9339

	FY (Newton)	15854
	FZ (Newton)	10320
11	Momentos admisibles boquilla de entrada - Separador Ciclónico	Valor
	MX (N-m)	3155
	MY (N-m)	2661
	MZ (N-m)	23920
12	Fuerzas admisibles boquilla de salida- Separador Ciclónico	Valor
	FX (Newton)	12840
	FY (Newton)	17032
	FZ (Newton)	4683
13	Momentos admisibles boquilla de salida - Separador Ciclónico	Valor
	MX (N-m)	5738
	MY (N-m)	14230
	MZ (N-m)	37675

### 8.3.5. MATERIALES - PRUEBAS - TANQUE DE AGUA

No.	Descripción	Requerimiento
1	Material del cuerpo del Tanque de agua	Acero al carbono ASTM A515 Gr. 60, AISI 304
2	Bridas	ASTM A 105
3	Espárragos	ASTM A 194- Grado B 7
4	Tuercas	ASTM A 193- Grado 2 H
5	Empaques metálicos	Acero inoxidable, devanado en espiral Flexible o similar.
6	Material faldón de soporte	ASTM A 53 Grado B, tipo S o E., ASTM A 106 Gr. B, tipo S o E., API 5L Gr. B, tipo S o E.
7	Tubería	ASTM A 53 Grado B, tipo S o E., ASTM A 106 Gr. B, tipo S o E., API 5L Gr. B, tipo S o E.
8	Cuerpos de válvulas	ASTM A 216, Gr. WCB, ASTM A 105

**8.3.6. DIMENSIONAMIENTO Y PESO -TANQUE DE GUA**

No	Descripción	Unidades
1	Diámetro externo	mm
2	Diámetro interno	mm
3	Espesor de lámina externa	mm
4	Altura de la parte recta	mm
5	Diámetro boquilla de entrada agua separada	mm
6	Diámetro boquilla salida agua separada	mm
7	Diámetro boquilla de interconexión Separador Ciclónico	mm
8	Diámetro boquilla porta-disco de ruptura	mm
9	Diámetro boquilla de interconexión de tubo de equilibrio	Mm
10	Diámetro boquilla de drenaje del equipo	Mm
11	Diámetro registro de hombre	Mm
12	Diámetro coples 3000# NPT para indicador de nivel	Mm
13	Peso del Tanque de Agua vacío y lleno con agua	Kg
14	Ubicación de las tomas para medición	

**8.3.7. CONDICIONES DE DISEÑO-TANQUE AGUA**

No	Descripción	Requerimiento
1	Presión Máxima	17.5 bar g
	Presión Operación	6 - 7 bar g
2	Temperatura Máxima	207 ° C
	Temperatura Operación	165 - 170 ° C
3	Coeficiente sísmico	0.3
4	Carga del viento	30 m/s
5	Fuerzas admisibles boquilla de Salida- Tanque de Agua	Valor
	FX (Newton)	9617
	FY (Newton)	10293
	FZ (Newton)	2256
6	Momentos admisibles boquilla de Salida – Tanque de Agua	Valor
	MX (N-m)	1574
	MY (N-m)	5346
	MZ (N-m)	31407
7	Fuerzas admisibles boquilla de salida- Disco de Ruptura	Valor
	FX (Newton)	6096
	FY (Newton)	2342
	FZ (Newton)	3001

8	Momentos admisibles boquilla de salida – Disco de Ruptura	Valor
	MX (N-m)	5234
	MY (N-m)	22628
	MZ (N-m)	3134

### 8.3.8. MATERIALES - PRUEBAS – VALVULA DE BOLA

No	Descripción	Requerimiento
1	Material del cuerpo del Válvula de bola	Acero al carbono ASTM A515 Gr. 60, AISI 304
2	Material partes internas	AISI 316 o equivalente
3	Bridas	ASTM A 105
4	Espárragos	ASTM A 194- Grado B 7
5	Tuercas	ASTM A 193- Grado 2 H
6	Empaques metálicos	Acero inoxidable, devanado en espiral Flexible o similar.
7	Material faldón de soporte	ASTM A 53 Grado B, tipo S o E., ASTM A 106 Gr. B, tipo S o E., API 5L Gr. B, tipo S o E.
8	Tubería	ASTM A 53 Grado B, tipo S o E., ASTM A 106 Gr. B, tipo S o E., API 5L Gr. B, tipo S o E.
9	Cuerpos de válvulas	ASTM A 216, Gr. WCB, ASTM A 105

### 8.3.9. DIMENSIONAMIENTO Y PESO-VALVULA DE BOLA

No	DIMENSIONAMIENTO Y PESO - VALVULA DE BOLA	Unidades
10	Diámetro externo	mm
11	Diámetro interno	mm
12	Espesor de lámina externa	mm
13	Altura del cuerpo	mm
14	Diámetro boquilla de entrada vapor	mm
15	Diámetro boquilla salida de vapor	mm
16	Diámetro boquilla de drenaje del equipo	mm
17	Diámetro bola de acero inoxidable	mm
18	Diámetro brida ciega inferior	mm
19	Peso del Válvula de Bola vacío y lleno con agua	kg

### 8.3.10. CONDICIONES DE DISEÑO-VÁLVULA DE BOLA

No.	Descripción	Requerimiento
20	Presión Máxima	17.5 bar g
	Presión Operación	6 - 7 bar g
21	Temperatura Máxima	207 ° C
	Temperatura Operación	165 - 170 ° C
22	Coeficiente sísmico	0.3
23	Carga del viento	30 m/s
24	Fuerzas admisibles boquilla de entrada- Válvula de Bola	Valor
	FX (Newton)	3824
	FY (Newton)	10607
	FZ (Newton)	4155
25	Momentos admisibles boquilla de entrada - Válvula de Bola	Valor
	MX (N-m)	3364
	MY (N-m)	21403
	MZ (N-m)	15034
26	Fuerzas admisibles boquilla de salida- Válvula de Bola	Valor
	FX (Newton)	10540
	FY (Newton)	34404
	FZ (Newton)	8588
27	Momentos admisibles boquilla de salida - Válvula de Bola	Valor
	MX (N-m)	4684
	MY (N-m)	5935
	MZ (N-m)	35266

## 8.4. SEPARADOR DE SOLIDOS

### CONDICIONES DE DISEÑO Y CARACTERISTICAS FLUIDO GEOTERMICO.

El sistema entero en cada uno de los equipos, salvo que no esté especificado diferentemente en esta sección, debe ser diseñado para las condiciones siguientes:

#### 8.4.1. CONDICIONES DE DISEÑO SEPARADOR DE SOLIDOS CON CAPACIDAD DE 70 KG/S

Variable de diseño	Valor de diseño
Presión Máxima	17.5 bar g
Temperatura Máxima	207 ° C
Presión Operación	10 - 13 bar g
Temperatura Operación	180-190 °C
Coefficiente sísmico	0.4
Carga del viento	30 m/s
Capacidad nominal flujo geotérmico	70 kg/s
Valor nominal de vapor	70 kg/s
Capacidad remover sólidos	100% de partículas sólidas >= 8 micrones
Capacidad remover humedad	100% de gotas de agua >= 8 micrones
Espesor por corrosión	5 mm

#### 8.4.2. CARACTERÍSTICAS DEL FLUIDO GEOTÉRMICO PRODUCIDO POR UN POZO

VAPOR	ppm
Na	0.693
K	0.720
Ca	0.121
Cl	0.304
SiO <sub>2</sub>	0.310
SO <sub>4</sub>	0.860
Fe	0.190
TDS	13.10
PH(25°C)	4
C.E.( μS/cm)	16

GASES	mmoles de gas / 100 moles
He	0.005
H2	6.50
Ar	0.04
N2	15.5
CH4	0.07
CO2	1200
H2S	45.0
NH3	0.18
% w/w GNC	3.04

### 8.4.3. TAMAÑOS DE LOS SÓLIDOS ENCONTRADOS EN EL FLUIDO GEOTÉRMICO

Composición mineralógica	Tamaños máximos de sólido
Sílice amorfa (SiO <sub>2</sub> )	Espesor 0,7 cm Longitud 8.0 cm
Calcopirita (CuFeS <sub>2</sub> )	Espesor 0.5 cm Longitud 6.5 cm
Halita (NaCl) Halita potásica (Na <sub>0.9003</sub> K <sub>0.0997</sub> Cl)	Espesor 0.5 cm Longitud 7.0 cm
Cuarzo (SiO <sub>2</sub> )	Espesor 0.7 cm Longitud 8.0 cm

### 8.4.4. MATERIALES - SEPARADOR DE SÓLIDOS

No.	Descripción	Requerimiento
1	Material del cuerpo del separador ciclónico	Acero al carbono ASTM A516 Gr. 70
2	Lámina protectora en zonas de impacto de fluido geotérmico en el Separador de sólidos	Acero Inoxidable ≥10 mm de espesor AISI 316L o equivalente
3	Bridas	ASTM A 105
4	Espárragos	ASTM A 193 – Gr. B 7
5	Tuercas	ASTM A 194 – Gr. 2 H
6	Empaques metálicos	Acero inoxidable, devanado en espiral Flexible o similar.
7	Material Tapas tori-esféricas y faldón de soporte	ASTM A 516 Gr. 70 ASTM A-36
8	Tubería	ASTM A 53 Grado B, tipo S o E. ASTM A 106 Gr. B, tipo S

		o E. API 5L Gr. B, tipo S o E.
--	--	-----------------------------------

#### 8.4.5. CONDICIONES DE DISEÑO- SEPARADOR DE SOLIDOS

No	Descripción	Requerimiento
1	Presión máxima	17.5 bar g
	Presión Operación	10 - 13 bar g
2	Temperatura máxima	207 ° C
	Temperatura Operación	180 - 190 °C
3	Máximo contenido de agua en el vapor de salida	0.01%
4	Capacidad nominal de flujo geotérmico entrando al Separador de Sólidos	70 kg/s
5	Caudal de vapor máxima a manejar en el Separador Ciclónico a una presión de 11 bara	70 kg/s
6	Capacidad remover sólidos	100% de partículas sólidas $\geq$ 8 micrones
7	Capacidad remover humedad	100% de gotas de agua $\geq$ 8 micrones
8	Coefficiente sísmico	0.3
9	Carga del viento	30 m/s
10	Fuerzas admisibles boquilla de entrada- Separador de Sólidos	Valor
	FX (Newton)	8909
	FY (Newton)	8909
	FZ (Newton)	8007
11	Momentos admisibles boquilla de entrada - Separador de Sólidos	Valor
	MX (N-m)	7999
	MY (N-m)	21964
	MZ (N-m)	11660
12	Fuerzas admisibles boquilla de salida- Separador de Sólidos	Valor
	FX (Newton)	8909
	FY (Newton)	11121
	FZ (Newton)	30000
13	Momentos admisibles boquilla de salida - Separador de Sólidos	Valor
	MX (N-m)	34200
	MY (N-m)	18988
	MZ (N-m)	17632

14	Fuerzas admisibles boquilla disco ruptura - Separador de Sólidos	Valor
	MX (N-m)	46777
	MY (N-m)	33362
	MZ (N-m)	33362
15	Momentos admisibles boquilla disco ruptura - Separador de Sólidos	Valor
	MX (N-m)	16270
	MY (N-m)	27116
	MZ (N-m)	16270

Sección	Descripción del Criterio Mecánico
1	Códigos y Especificaciones de Diseño Industrial
	Diseño de Ductos de Planta de Energía
	ANSI/ASME B31.1 - Power Piping – 2014 Revisión
	Diseño de Ducteria en Campo de Vapor
	ANSI/ASME B31.1 - Power Piping – 2014 Revisión, unless Buyer specifies 31.3
	Procedimientos de Soldaduras de Ductos
	ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section IX, Welding & Brazing Qualifications – 2010 Revisión
	Protección Contra el Fuego
	NFPA - National Fire Protection Association 850 – 2015 Edition
	Bombas Horizontales
	ANSI B73.1M – 2012 Revisión
	Diseño de Tanques Presurizados, Fabricación, Inspeccion y Pruebas
	American Society of Mechanical Engineers (ASME) Boiler and Pressure Vessel Codes, Section VIII, División I – 2015 Edition
	Sistemas de Vibración, Equipo, Diseño e Instalación
API 670 – 5 <sup>th</sup> Edition	

Sección	Descripción de Criterios Mecánicos
2	Códigos y Especificaciones de Dimensiones y Materiales
	ANSI B1.1 - Unified Screw Threads – 2003 Edition
	ANSI B1.20.1 - Pipe Threads, General Purpose – 2013 Revisión
	ASME B16.47 - Large Diameter Steel Flanges – 2011 Edition
	ASME B16.5 - Pipe Flanges and Pipe Fittings – 2013 Edition
	ASME B36.10 - Welded and Seamless Wrought Steel Pipe – 2004 Edition
	ASME B36.19M – Stainless Steel Pipe – 2004 Edition
	ASTM A193 - Alloy Steel & Stainless Steel Bolting Materials – 2003 Edition
	ASTM A194 - Carbon & Alloy Steel Nuts – 2003 Edition
	ASTM A516 - Specification for Pressure Vessel Plates, Carbon Steel, for Moderate and Lower Temperature Service – 2003 Edition
	ASTM A53 - Specification for Pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc-coated Welded and Seamless – 1992 Edition
	API Specification 5L – Specification for Line Pipe, 2004 Edition
	ASTM A106 - Specification for Seamless Carbon Steel Pipe for High-Temperature Service – 2002 Edition
	ASTM A36 – Specification for Structural Steel – 2003 Edition
	ASTM A307 – Specification for Carbon Steel Bolts and Studs, 60,000 PSI Tensile Strength
	ASTM A325 – Specification for High Strength Carbon Steel Bolts
	ASTM A500 – Specification for Cold Formed Welded and Seamless Carbon Steel
	Structural Tubing in Rounds and Shapes
	ASTM A780 – Specification for Repair of Damaged and Uncoated Areas of Hot-Dip .
	Galvanized Coatings
	ASTM A992 – Specification for Structural Steel Shapes
	ANSI/AWS A5.1 - Specification for Mild Steel Covered Arc-Welding Electrodes – 1999
Revisión	
ANSI/AWS A5.5 - Specification for Low Alloy Steel Covered Arc-Welding Electrodes –	
1996 Edition	
ANSI/AWS A5.17 - Specification for Bare Mild Steel Electrodes and Fluxes for Submerged Arc-Welding – 1997 Edition	
ANSI/AWS A5.18 - Specification for Carbon Steel Filler Metals for Gas Shielded	
ArcWelding – 2001 Edition	
ANSI/AWS A5.20 - Specification for Carbon Steel Electrodes for Flux Cored Arc-Welding –	
1995 Edition	
AWS D1.1 – Structural Welding Code - Steel	
AS/NZS 1518 - External extruded high-density-polyethylene coating system for pipes – 2002	
Edition	
ASTM D2310 designation NTDD105 and AWWA C950 for FRP Pipes – 2001 Edition	

Sección	Descripción de Criterios Mecánicos
3	Condiciones Ambientales del Sitio
	Condiciones Ambientales
	Datos del Sitio
	TBD
	Condiciones de Temperatura y Humedad en Ambientes Controlados
	Requerimientos de Ruido
	(H2S) Geotérmico y otras Consideraciones Ambientales
	En caso de que cualquier equipo se tenga que mover fuera de la casa de máquinas principal y utiliza un sujetador que se debe quitar o deshacer para permitir el acceso y/o movimiento a los equipos para servicio o mantenimiento, tales sujetador se fabricarán a partir de acero inoxidable 316
	Los gabinete o recintos ubicados afuera deberán ser de acero inoxidable 316
	Materiales prohibidos - cadmio, plata, cobre o aleaciones basadas en cobre (excepto estañado), galvanizado de zinc, asbesto, cuproníquel, cromo, pintura que contiene plomo, disolventes y diluyentes clorados, halones y flourocarbonos clorados, metales pesados, por ejemplo mercurio y arsénico y PCBs
Monitores de H2S ubicados para los puntos bajos, tales como trincheras de las bombas de pozo caliente y otras áreas donde el H2S se puede acumular.	
4	Prueba de rendimiento Performance
6	Diseño de Proceso
	Velocidades del Flujo en Ductos
	Las siguientes guías para velocidades máximas se deberá usar:
	Agua - Bombas de Succión y Líneas de Drenaje: 2 m/s
	Agua – Servicio General: 3 m/s
	Agua - Servicio General, “Large Bore”: 4 m/s
Aceite - Bombas de succión y líneas de drenaje: 2 m/s	

Sección	Descripción de Criterio Mecánico
6	Aceite - Servicio General: 3 m/s
	Consideraciones de Diseño de Tubería
	Todos los desagües, rejillas de ventilación y las conexiones para muestreo será de 1”de diámetro o mayor
	Diseño de alta temperatura de tuberías de gran calibre para las condiciones aplicables ambientales, cargas de gravedad, las cargas sísmicas, efecto de soportes, anclajes y movimientos de puntos terminales / cargas
	Casos de carga por gravedad normales de vapor, gas y tuberías de aire comprimido se calcularán para contenidos con peso específico de los contenidos en las condiciones de diseño.
	Casos de carga por gravedad para todos los demás servicios deberán asumir la tubería llena.

	<p>Cuando la gravedad específica del contenido en las condiciones de diseño está a menos de <math>SG = 1</math>, también se considerará el caso de prueba de carga hidrostática.</p> <p>El diseño deberá considerar la presión externa (vacío) asumiendo toda la condensación del vapor de agua y tomar en cuenta la presencia de NCG y la presión de vapor de agua a temperatura ambiente mínima y sin la necesidad de alivio de vacío</p> <p>Aceleración del suelo horizontal para carga sísmica deberá satisfacer los requerimientos de los Criterios Generales de Diseño</p> <p>Se considerarán las cargas sísmicas en ambos ejes horizontales de la tubería.</p> <p>No se asume la carga de viento que se produzca al mismo tiempo que carga sísmica.</p> <p>La tubería principal de vapor elevada no será diseñado para soportar cargas hidrostáticas. Se prevé esta tubería será 100% radiografiada</p> <p>Análisis de esfuerzos y diseño de soporte de tuberías deberán incluir las cargas de la siguiente manera:</p> <p><u>Dirección</u> <u>Positivo y Negativo (reversa)</u></p> <p>a. perpendicular a +/- ve sísmica (con la fricción) alineación general de la tubería de +/- ve viento</p> <p>b. a lo largo de la alineación general de +/- ve sísmica (con la fricción) del tubo (90 gr. de a.) +/- ve viento</p> <p>Los casos de análisis de fuerzas de flexión funcionan sin fricción, en su caso, no se utilizarán para soporte de carga de la tubería.</p>
Sección	Descripción de Criterio Mecánico
6	<p>Espaciamiento de los apoyos de tuberías se guiará por ASME B31.1, en consistencia con el diseño de tuberías de la planta de energía, pero el espaciamiento podrá superar estos valores cuando se realiza el análisis de tensión.</p> <p>Los siguientes sistemas de tuberías serán analizados con equipo computarizado para el cumplimiento del código utilizando el software de esfuerzos en tuberías Caesar II:</p> <p>Tubos de 4 " NPS y mayores cuya temperatura de diseño sea superior a 200 C°</p> <p>pipos 8 " NPS y mayores cuya temperatura de diseño sea superior a 150 C°</p> <p>Tubos de 20 "NPS y mayores cuya temperatura de diseño sea superior a 100 C°</p> <p>Soportes con cerrado en tenaza se deberán utilizar para ductos de aleaciones.</p> <p>Ducteria subterránea deberá tener una cama de área limpia por debajo, a una profundidad recomendada por el fabricante pero con un mínimo de 300 mm para cubrirla.</p> <p>Zócalos de piso y de techo, cajas de pared para ductos atravez de piso, techo y paredes. Zócalo de piso mínimo de 75 mm bordillo alzado, collarín de cielo falso de 200 mm con capucha con 25 mm por debajo del nivel del cielo falso.</p> <p>Consideraciones de Aislamiento Térmico</p> <p>Todo aislamiento de condensado y vapor de la Ducteria deberá ser de silicato de calcio, lana de roca o perlita.</p>

	<p>Silicato de calcio deberá ser utilizado en todos los aislamientos de la Ducteria dentro del rango de acceso del personal que por lo general es común que será pisado o utilizado para caminar sobre.</p> <p>Asilamiento con fibra de vidrio u otros aisladores compresibles no deberán utilizarse en Ducteria de vapor con temperaturas arriba de los 120 C°.</p> <p>Ninguna superficie que esté al alcance del tacto como parte y dentro de sus actividades normales y de mantenimiento, no deberá exceder de 55 C° de temperatura.</p> <p>Espesor de revestimiento de aluminio será de 0.4 mm para Ducteria de 10" para NPS y menor, y 0.6 mm para Ducteria mayor de NPS 10".</p> <p>Áreas que no necesitan aislamiento si no son áreas accesibles por personal durante operación normal:</p> <p>Válvulas, bridas y instrumentación de línea con temperatura superficial por debajo de 120° C</p>
Sección	Descripción de Criterios Mecánicos
6	Drenajes de uso intermedio de la Planta
	Trampas de vapor y su Ducteria de descarga
	Trabajos de Ducteria, Ducteria y vessels implicados en el transporte de fluidos calientes y gases a desechar (adentro: uso intermitente; exterior: uso intermitente o continuo).
	Consideraciones de Válvulas
	Todas las conexiones de muestreo deberán tener válvula de aislamiento tipo "roddable-through"
	Ollas de drenaje de condensados deberán tener drenajes de punto bajo con operación manual de 2" NPS y un conjunto de trampas de vapor.
	Codificación de Tubería de la Planta de Energía
	Códigos de color y bandas según per ANSI A13.1
	Información de Diseño General de la Planta
	Diseño del Proyecto es para vida útil de 30 años
	Use las medidas y las unidades del SI, excepto bara o barg para presiones y pulgadas (o ") para las tuberías y tamaños nominales de válvulas
	Condensador Enfriado Por Aire
	Un Condensador enfriado por aire en contraflujo con:
	Bajo ensuciamiento / tapado de radiadores
	factor de servicio AGMA al menos 2,0 para Cajas de engranajes del ventilador de la torre de enfriamiento
	Rodamientos ("Bearings") para las Unidades ventiladores de torre de Enfriamiento y mecanismos con una vida L10 de al menos 100.000 horas
Con un Tamaño talque pueda manejar la carga máxima de enfriamiento del condensador de la turbina de vapor a la capacidad máxima nominal más el 100% de la carga de calor auxiliar.	
Motores de los ventiladores y cajas de bornes deberán estar clasificados IP55 con aislamiento NO-higroscópico Clase F y aumento de temperatura de clase B y calentadores anti condensación 230VAC.	
Transductores de vibraciones en la caja de engranajes del ventilador con controles de monitoreo en el DCS, equipados con puertos RS232 para el control de diagnóstico local y recintos calificados IP55.	

	Bombas Misceláneas
	ANSI para bombas horizontales
	Bombas horizontales de carcaza partida o tipo "Back Pull Out"
	Cojinetes inundados en aceite y auto-aceitadores
	Velocidad específica de succión de la bomba menos de 11.000
	Sellos mecánicos
	La bomba y el motor en base común
	Añadir margen de flujo de 5% por encima del caudal de diseño
	Tamaño del impulsor con posibilidad de incrementar para llegar a un adicional del 10% de carga dinámica
	Potencias nominal de motores incluyendo el factor de servicio de al menos igual al siguiente porcentaje de potencia de la bomba:
	15 kW y menor - 120%
	15 kW hasta 55 kW - 115%
	55 kW y mas - 110%
	Sistema de Aire Comprimido
	Aire de entrada al compresor deberá filtrar el H2S
<b>Sección</b>	<b>Descripción de Criterios Mecánicos</b>
7	Acumulador con un tamaño tal que suministre 20 minutos de alimentación a la planta y campo por falla del compresor de aire y que termine con una presión no inferior a 4,0 barg
	Punto de rocío de humedad después de la unidad secadora no superior a -40C
	Sistema de Tratamiento Químico
	Capaz de decrecer pH de la salmuera por inyección de H2SO4 (especificar % peso /peso de la solución)
	La dosificación de los productos químicos utilizando bombas con ajuste de dosificación de químicos (preferentemente peristáltica)
	Tanques de almacenamiento químico para 4 semanas como mínimo de consumo
	Diseño PDS
	Modelo de Diseño de Equipo y Ductos
	Modelo de Equipo y tuberías mecánico (orificios grandes y pequeños hasta 2 pulgadas de diámetro)
	Se hará una revisión del modelo CAD; una revisión antes del completar el desarrollo de los dibujos de diseño para confirmar que el diseño cumple incluyendo los términos para mantenimiento y operabilidad de acuerdo con los requerimientos de la industria.

## 9.0. RESULTADOS

### 9.1. FUNCIONAMIENTO DE PLATAFORMA DE SEPARACIÓN MÚLTIPLE

Esta plataforma propuesta es del resultado de las investigaciones de las metodologías de separación registradas a nivel internacional, donde se presentan una concentración de varios separadores en plataforma, distribuidos adecuadamente para mejorar la eficiencia de distribución y ahorro de espacios, enfocado a la mejora de la infra estructura, seguridad del personal, facilidad de uso de instalaciones y cumplimientos normativos ambientales.

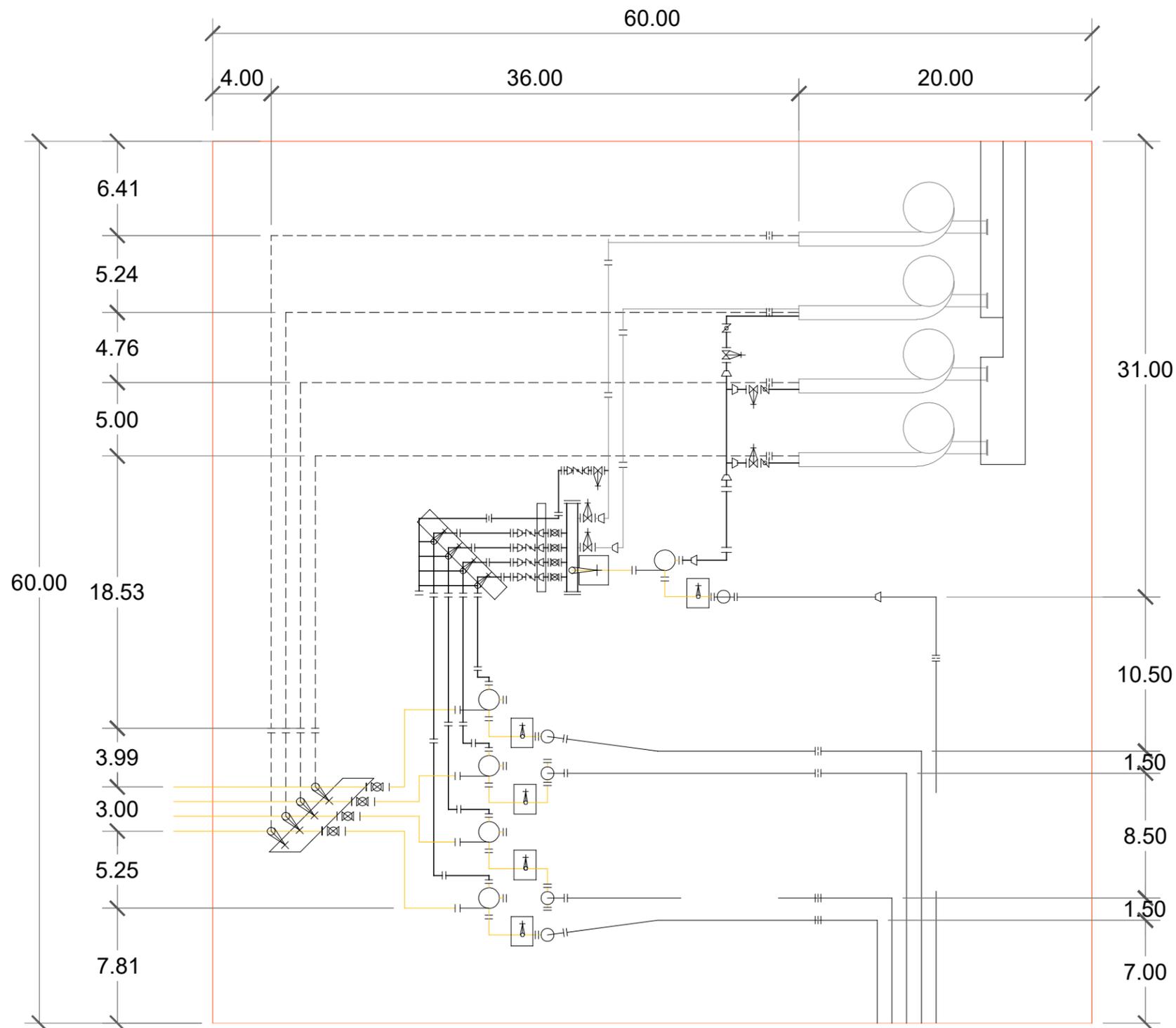
En él cual se registra una concentración de al menos 4 pozos con separadores de 350 t/hr (97 Kg/s) de flujo bifásico, los cuales se encuentran conectados a separadores tipo Webre, (calculados con la metodología Lazalde-Crabtree), después el agua residual se le realiza una segunda separación en sitio, mediante una colección de aguas de cada separador, después su separación mediante otro separador secundario, de ahí tenemos los dispositivos de seguridad, válvula de esfera o bola, tanques de control de nivel, válvulas de control y seguridad, medidores de Flujo Annubar, Venturi y medidores de presión diferencial para los sistemas de separación, las tuberías en el sistema van conectadas a un sistema colector de vapor (Vaporducto) los cuales llegarán a donde sea requerido para la producción de energía en las turbinas de generación. Esta plataforma cuenta con el espacio necesario para mantener las maniobras principales de control de pozo, monitoreo, medición de agua y vapor.

Con las dimensiones de esta plataforma de 60 x 60 mts se pretende obtener los siguientes resultados, este complejo maneja alrededor de 1400 t/hr (389 kg/s) de flujo bifásico a una presión estimada de 12 bar\_a de separación primaria, si se tiene una calidad del 20% de este flujo, se deben tener 280t/hr (78 kg/s) de vapor separado a 11.8 bar\_a con calidad del 99.9% según el separador propuesto en este proyecto, el agua condensada restante es enviada a un colector para ser ingresado a una presión de aprox. 11 bar

Obteniendo en promedio un 8% de vapor en su segunda separación, obteniendo así 90 t/hr (25 kg/s) de vapor de baja presión, resultando 370 t/hr (103 kg/s) de vapor, si el consumo específico de la turbina es de 2.5 kg/s, obtenemos 41.2 Mwe, esto siendo generación bruta, habría que restar el consumo específico de los eyectores de gases, consumo específico de planta y pérdidas del transporte dependiendo del sitio de separación de este sistema por lo que se estima de un potencial energético de 35 Mwe netos de generación, por módulo de separación, ya que este proyecto tiene el potencial de extenderse a 4 módulos de separación, quedando en 16 separadores de alta presión, 4 separadores de baja presión, y sistemas de control, además de la salida principal de vapor hacia la planta de generación eléctrica, por la cual obtendríamos un potencia de 140 Mwe por isla de separación, en una área estimada de 120 x 120 mts.

### 9.2. PLANOS DE PROPUESTA

### 9.3. PLANOS DE EXPANSIÓN DE MODULO DE PROPUESTA

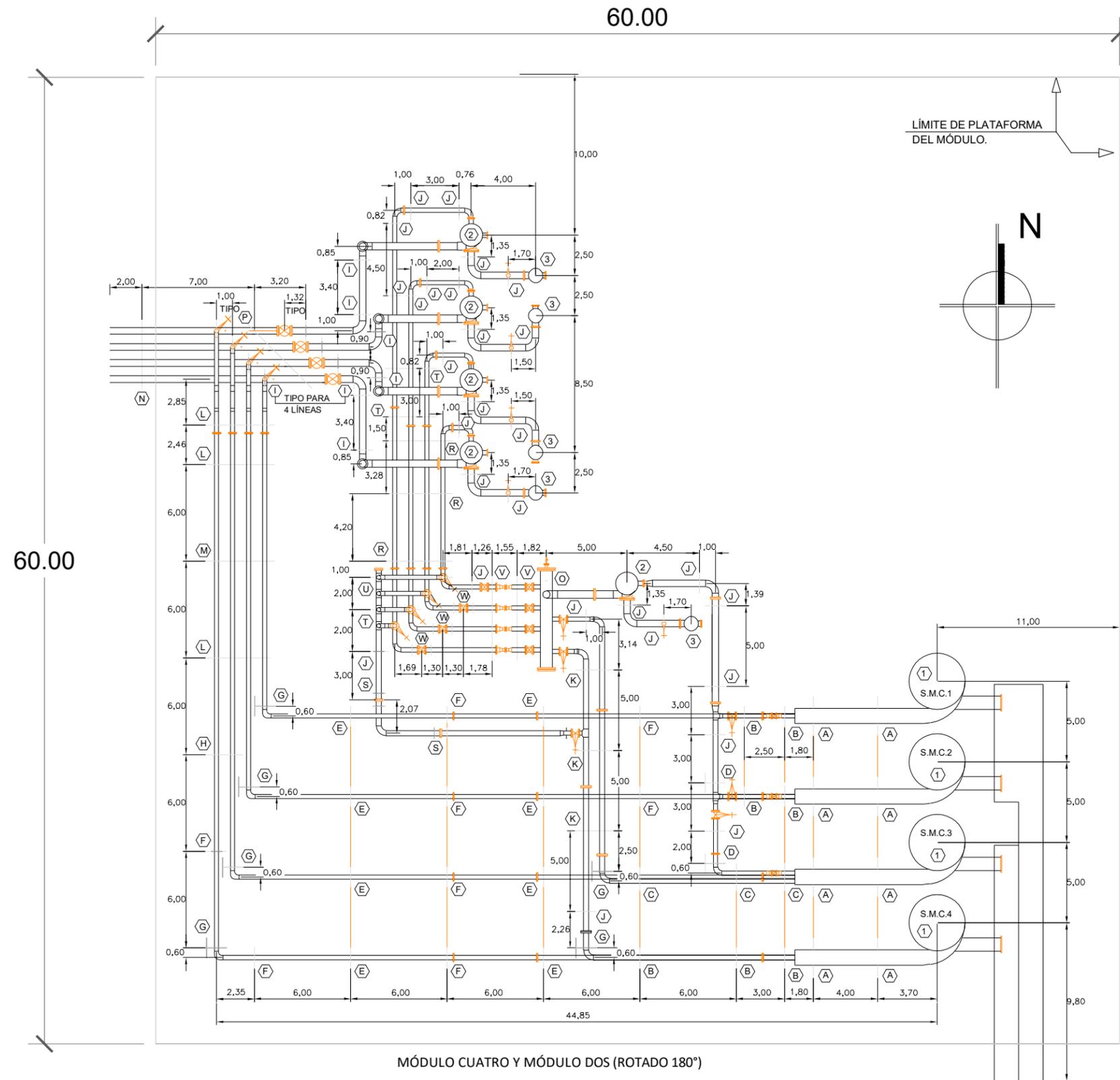


**MODULO TIPO: 4 S.M.C. X 350 TON  
± 32 MW ( de separación primaria)**

## MODULO TIPO

### SIMBOLOGÍA

	LÍNEA DE MEZCLADUCTO
	LÍNEA DESVIADORA DE MEZCLA
	LÍNEA DE AGUA SEPARADA DEL S.P. AL COLECTOR
	LÍNEA DE AGUA SEPARADA DEL COLECTOR AL SILENCIADOR
	LÍNEA DE AGUA SEPARADA DEL S.S. AL SILENCIADOR
	LÍNEA DE VAPORDUCTO PRIMARIO O SECUNDARIO
	ARREGLO BRIDADO
	ARREGLO DE PLACA DE MEDICIÓN
	ARREGLO DE PLACA DE RESTRICCIÓN
	COLECTOR DE AGUA SEPARADA
	DISCO DE RUPTURA
	REDUCCIÓN
	SEPARADOR PRIMARIO O SECUNDARIO
	SILENCIADOR METÁLICO CENTRIFUGO
	VÁLVULA DE ESFERA PRIMARIA O SECUNDARIA
	VÁLVULA DE MARIPOSA
	VÁLVULA DE COMPUERTA HORIZONTAL CON VÁSTAGO HORIZONTAL
	VÁLVULA DE COMPUERTA HORIZONTAL CON VÁSTAGO VERTICAL
	VÁLVULA DE COMPUERTA VERTICAL CON VÁSTAGO HORIZONTAL



PLANTA

ARREGLO GENERAL DE CIMENTACIÓN Y SOPORTERÍA SOBRE MÓDULOS DOS Y CUATRO DE ISLA DE SEPARACIÓN

# SOPORTERÍA MODULO TIPO

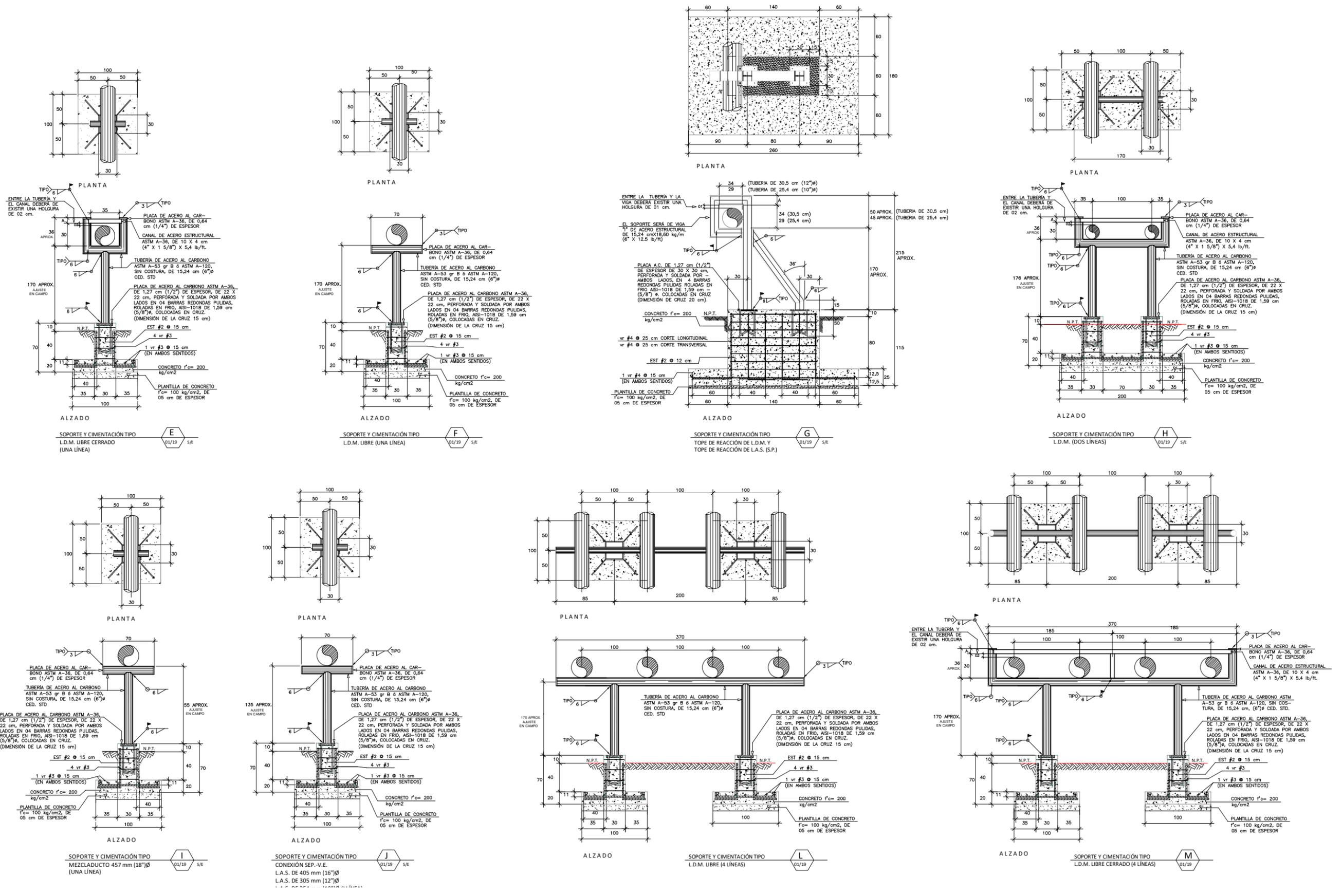
RELACIÓN DE DETALLES	
SOPORTE Y CIMENTACIÓN TIPO SILENCIADOR METÁLICO CENTRÍ-FUGO (04 pz)	<b>1</b> 02/19
SOPORTE Y CIMENTACIÓN TIPO SEPARADOR DE 1372 mm (54")Ø INTERIOR CON FALDÓN (05 pz)	<b>2</b> 03/19
SOPORTE Y CIMENTACIÓN TIPO VÁLVULA DE ESFERA DE 914 mm (36")Ø EXTERIOR (05 pz)	<b>3</b> 04/19
SOPORTE Y CIMENTACIÓN TIPO TOBERA DE SILENCIADOR METÁLICO (08 pz)	<b>A</b> 04/19
SOPORTE Y CIMENTACIÓN TIPO L.D.M. Y L.A.S. (DOS LÍNEAS) (07 pz)	<b>B</b> 05/19
SOPORTE Y CIMENTACIÓN TIPO L.D.M. Y L.A.S. (TRES LÍNEAS) (03 pz)	<b>C</b> 05/19
SOPORTE Y CIMENTACIÓN TIPO TOPE DE REACCIÓN DE L.A.S. DEL SEPARADOR SECUNDARIO (02 pz)	<b>D</b> 06/19
SOPORTE Y CIMENTACIÓN TIPO L.D.M. LIBRE CERRADO (UNA LÍNEA) (08 pz)	<b>E</b> 06/19
SOPORTE Y CIMENTACIÓN TIPO L.D.M. LIBRE (UNA LÍNEA) (08 pz)	<b>F</b> 07/19
SOPORTE Y CIMENTACIÓN TIPO TOPE DE REACCIÓN DE L.D.M. Y TOPE DE REACCIÓN DE L.A.S. (S.P.) (06 pz)	<b>G</b> 07/19
SOPORTE Y CIMENTACIÓN TIPO L.D.M. (DOS LÍNEAS) (01 pz)	<b>H</b> 08/19
SOPORTE Y CIMENTACIÓN TIPO MEZCLADUCTO 457 mm (18")Ø (UNA LÍNEA) (14 pz)	<b>I</b> 08/19
SOPORTE Y CIMENTACIÓN TIPO CONEXIÓN SEP.-V.E. (10pz) L.A.S. DE 405 mm (16")Ø (03pz) L.A.S. DE 305 mm (12")Ø (03pz) L.A.S. DE 254 mm (10")Ø (1 LÍNEA) (12pz)	<b>J</b> 09/19
SOPORTE Y CIMENTACIÓN TIPO L.A.S. DE 305 mm (12")Ø mm (DOS LÍNEAS) (03 pz)	<b>K</b> 09/19
SOPORTE Y CIMENTACIÓN TIPO L.D.M. LIBRE (4 LÍNEAS) (03 pz)	<b>L</b> 10/19
SOPORTE Y CIMENTACIÓN TIPO L.D.M. LIBRE CERRADO (4 LÍNEAS) (01 pz)	<b>M</b> 11/19
SOPORTE Y CIMENTACIÓN TIPO MEZCLADUCTO 457 mm (18")Ø (ACCESO A ISLA) (01 pz)	<b>N</b> 12/19
SOPORTE Y CIMENTACIÓN TIPO COLECTOR DE AGUA SEPARADA (C.A.S.) (01 pz)	<b>O</b> 13/19
SOPORTE Y CIMENTACIÓN TIPO SOPORTE FIJO MEZCLADUCTO DE 457 mm (18")Ø (01 pz)	<b>P</b> 14/19
SOPORTE Y CIMENTACIÓN TIPO L.A.S. DE 254 mm (10")Ø (4 LÍNEAS) (03 pz)	<b>R</b> 15/19
SOPORTE Y CIMENTACIÓN TIPO L.A.S. DE 254 mm (10")Ø (BRIDAS) (02pz)	<b>S</b> 16/19
SOPORTE Y CIMENTACIÓN TIPO L.A.S. DE 254 mm (10")Ø (3 LÍNEAS) (03 pz)	<b>T</b> 16/19
SOPORTE Y CIMENTACIÓN TIPO L.A.S. DE 254 mm (10")Ø, 1,00m DE SEPARACIÓN (5 LÍNEAS) (01PZ)	<b>U</b> 17/19
SOPORTE Y CIMENTACIÓN TIPO L.A.S. DE 254 mm (10")Ø, 1,30m DE SEPARACIÓN (4 LÍNEAS) (02PZ)	<b>V</b> 18/19
SOPORTE Y CIMENTACIÓN TIPO L.A.S. DE 254 mm (10")Ø VÁLVULAS DE COMPUERTA (03 pz)	<b>W</b> 19/19

NOTA: EL MÓDULO DOS ES IDÉNTICO AL MÓDULO CUATRO, SÓLO QUE ROTADO 180°.

NOTAS:

- LA SEPARACIÓN ENTRE CENTROS DE CIMENTACIONES DE SILENCIADORES (SOPORTE 1) ES DE 5,00 METROS.
- LA SEPARACIÓN ENTRE CENTROS DE CIMENTACIONES DE SEPARADORES (SOPORTE 2) ES DE 4,50 METROS.
- LAS ACOTACIONES DE ESTA HOJA ESTÁN EN METROS.

SOPORTERÍA Y CIMENTACIONES TÍPICAS PARA MÓDULO DOS Y MÓDULO CUATRO EN ISLAS DE SEPARACIÓN

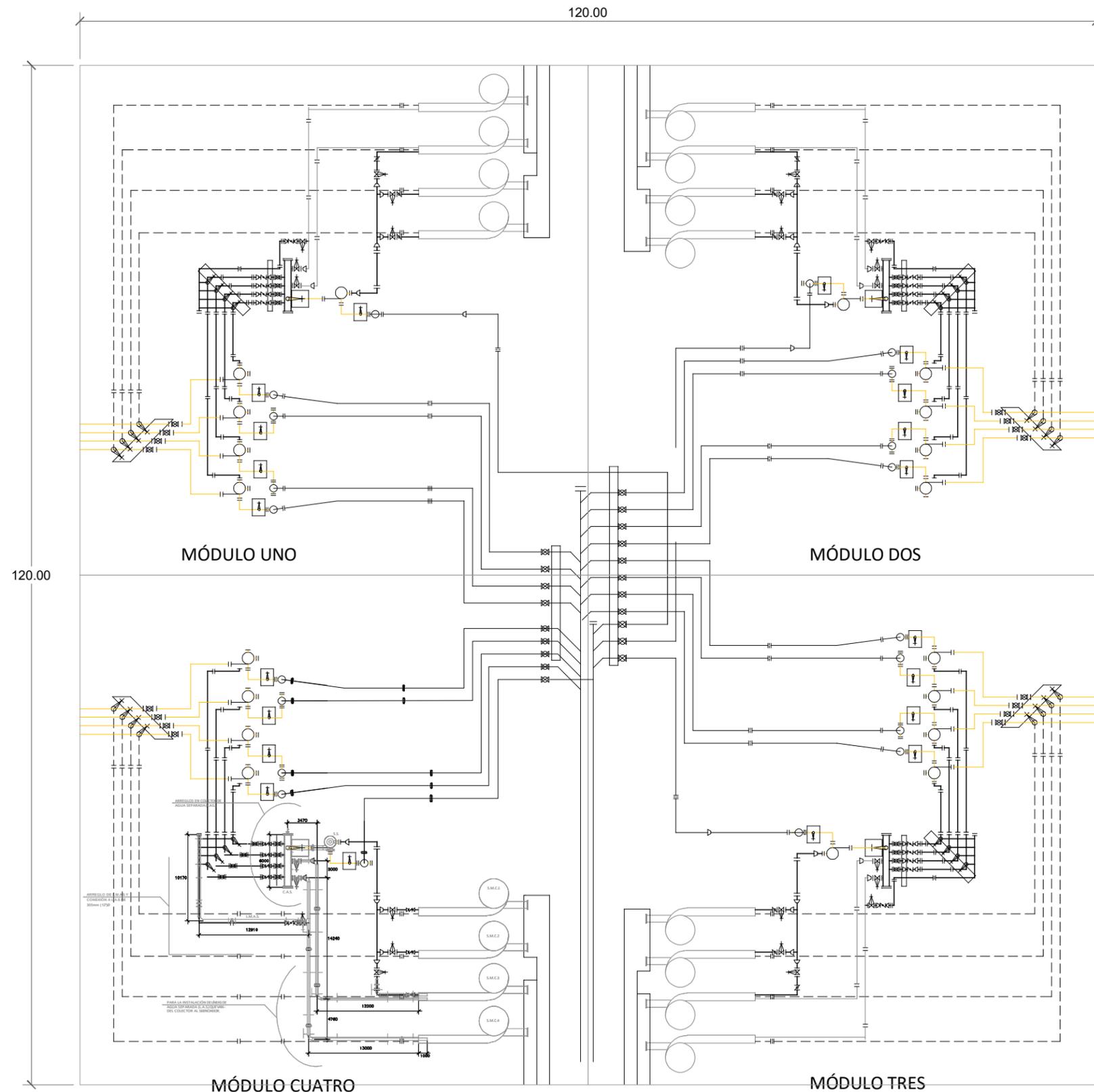


# SOPORTES DE 4 MODULOS

**CONTENIDO:**  
 "Manual de Estandarización de Instalaciones Superficiales de una Estación de Separación de Vapor en Campos Geotérmicos."

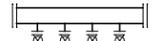
**PRESENTAN:**  
 Rafael Enrique Carballo Miembro  
 Vicente Paul Jacobo Galván  
 Freddy Samuel Solórzano Herrera

**PLANO**  
9



AMPLIACION 16 SMC. x 350 TON. = ± 130 MW

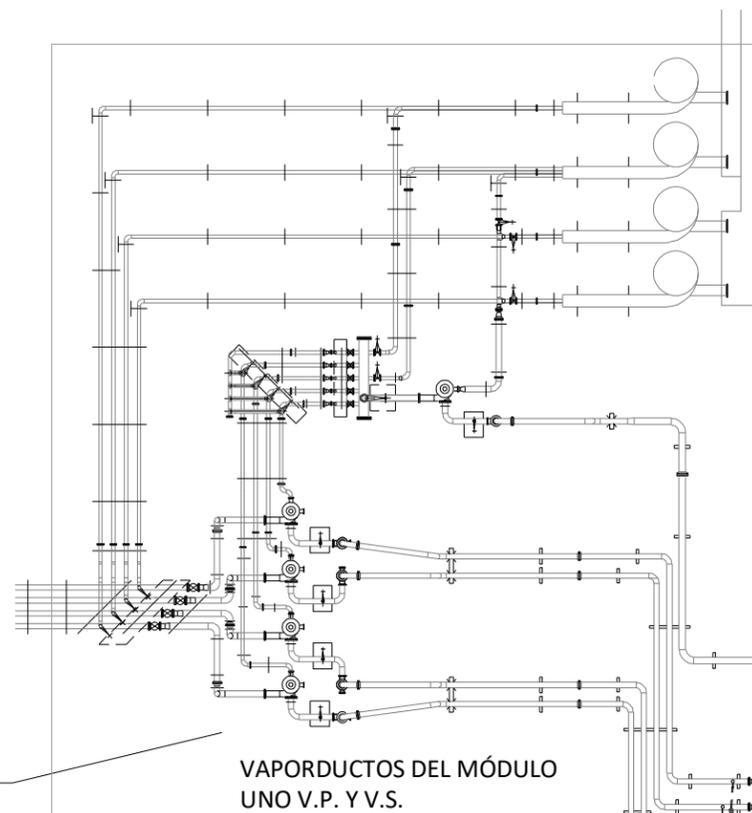
### SIMBOLOGÍA

-  LÍNEA DE MEZCLADUCTO
-  LÍNEA DESVIADORA DE MEZCLA
-  LÍNEA DE AGUA SEPARADA DEL S.P. AL COLECTOR
-  LÍNEA DE AGUA SEPARADA DEL COLECTOR AL SILENCIADOR
-  LÍNEA DE AGUA SEPARADA DEL S.S. AL SILENCIADOR
-  LÍNEA DE VAPORDUCTO PRIMARIO O SECUNDARIO
-  ARREGLO BRIDADO
-  ARREGLO DE PLACA DE MEDICIÓN
-  ARREGLO DE PLACA DE RESTRICCIÓN
-  COLECTOR DE AGUA SEPARADA
-  DISCO DE RUPTURA
-  REDUCCIÓN
-  SEPARADOR PRIMARIO O SECUNDARIO
-  SILENCIADOR METÁLICO CENTRIFUGO
-  V. E. VÁLVULA DE ESFERA PRIMARIA O SECUNDARIA
-  VÁLVULA DE MARIPOSA
-  VÁLVULA DE COMPUERTA HORIZONTAL CON VÁSTAGO HORIZONTAL
-  VÁLVULA DE COMPUERTA HORIZONTAL CON VÁSTAGO VERTICAL
-  VÁLVULA DE COMPUERTA VERTICAL CON VÁSTAGO HORIZONTAL

## DISTRIBUCIÓN 4 MODULOS

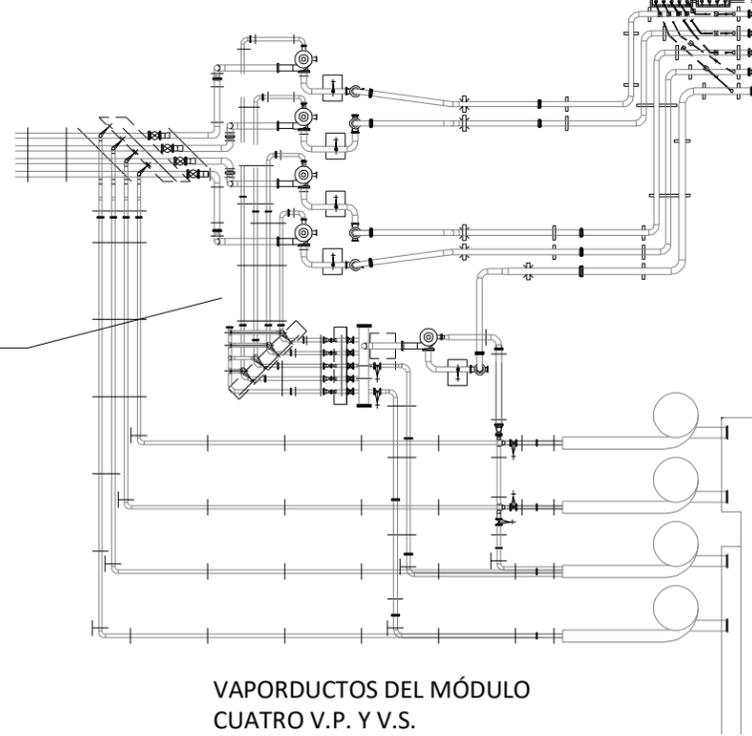


TRAYECTORIA Y DISTRIBUCIÓN DE SOPORTES DE LOS VAPORDUCTOS DEL MÓDULO UNO



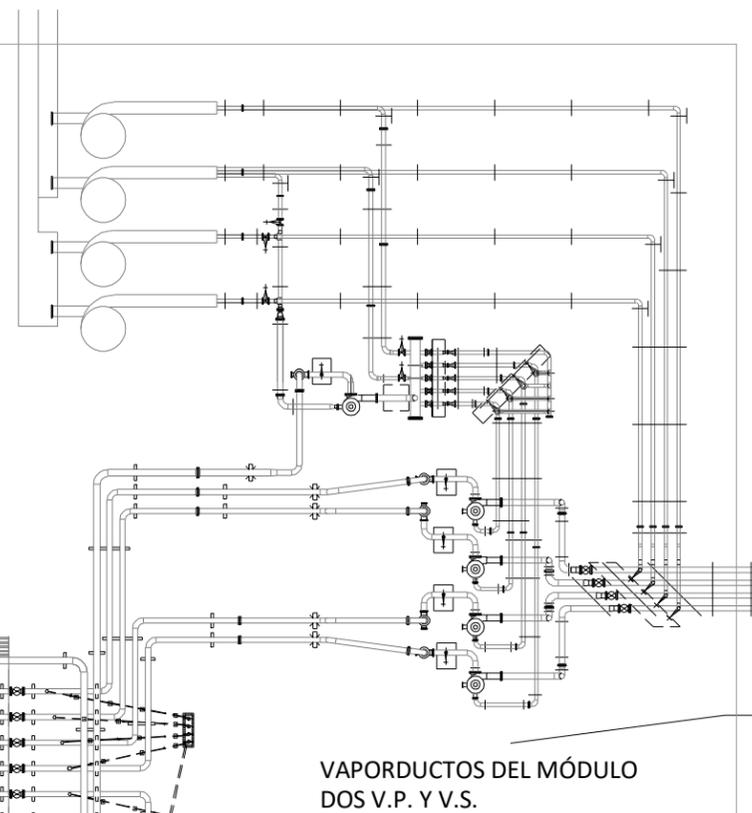
VAPORDUCTOS DEL MÓDULO UNO V.P. Y V.S.

TRAYECTORIA Y DISTRIBUCIÓN DE SOPORTES DE LOS VAPORDUCTOS DEL MÓDULO CUATRO



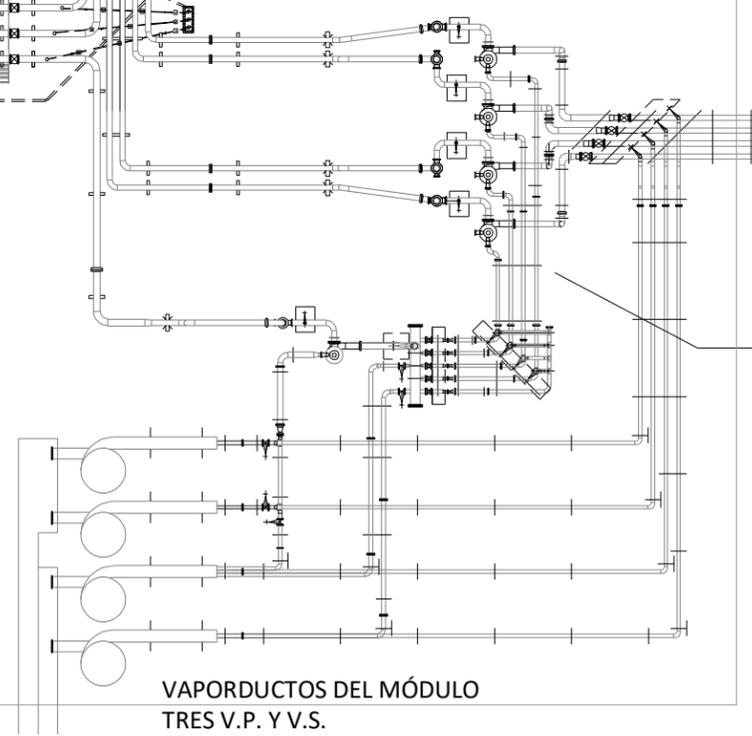
VAPORDUCTOS DEL MÓDULO CUATRO V.P. Y V.S.

TRAYECTORIA Y DISTRIBUCIÓN DE SOPORTES DE LOS VAPORDUCTOS DEL MÓDULO DOS



VAPORDUCTOS DEL MÓDULO DOS V.P. Y V.S.

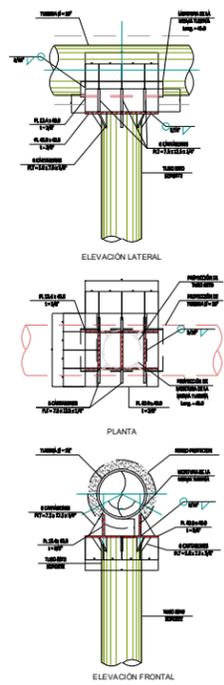
TRAYECTORIA Y DISTRIBUCIÓN DE SOPORTES DE LOS VAPORDUCTOS DEL MÓDULO TRES



VAPORDUCTOS DEL MÓDULO TRES V.P. Y V.S.

COLECCIÓN DE 304 mm (12")  
COLECCIÓN DE 304 mm (12")

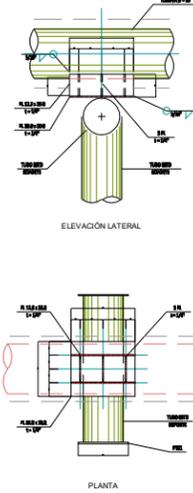
## VAPORDUCTOS 4 MODULOS



ELEVACION LATERAL

PLANTA

ELEVACION FRONTAL

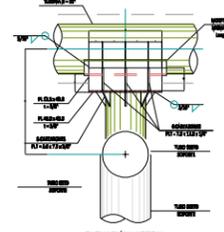


ELEVACION LATERAL

PLANTA

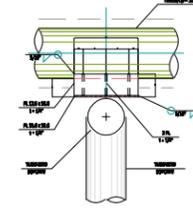
ELEVACION FRONTAL

SOPORTE TIPO DESLIZANTE



ELEVACION LATERAL

PLANTA

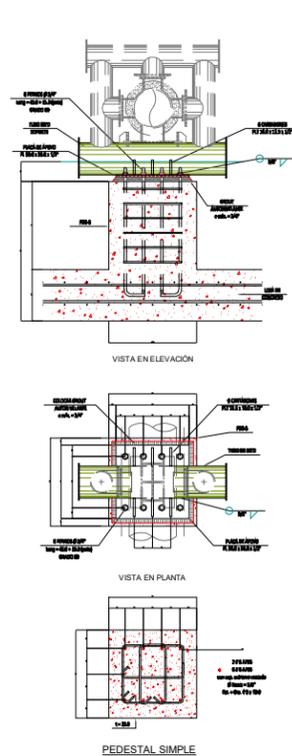


ELEVACION LATERAL

PLANTA

ELEVACION FRONTAL

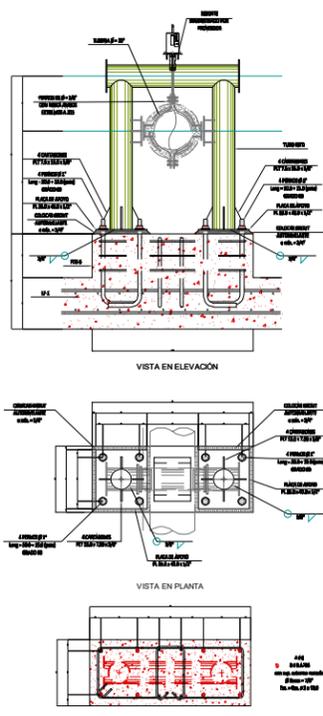
SOPORTES TIPO DESLIZANTES



VISTA EN ELEVACION

VISTA EN PLANTA

PEDESTAL SIMPLE

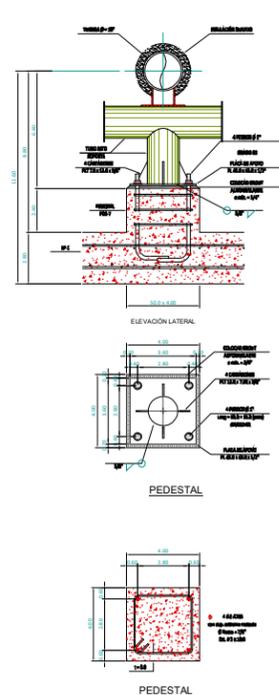


VISTA EN ELEVACION

VISTA EN PLANTA

PEDESTAL DOBLE

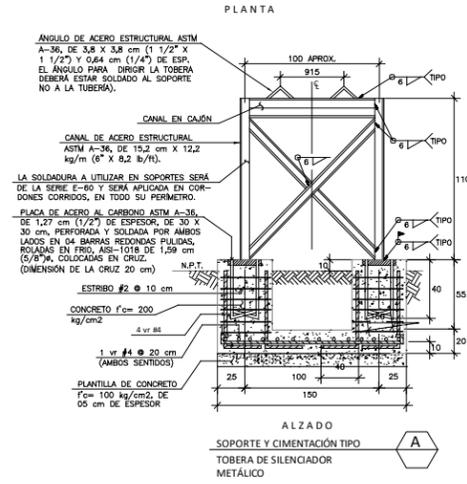
SOPORTE TIPO RESORTE



ELEVACION LATERAL

PEDESTAL

PEDESTAL



PLANTA

ALZADO

SOPORTE Y CIMENTACION TIPO TOBERA DE SILENCIADOR METALICO

**NOTAS ESTRUCTURALES**

**GENERAL:**

1. Las tuberías y soportes serán de acero estructural ASTM A-36, de 1.27 cm (1/2") de espesor, de 30 x 30 cm, perforada y soldada por ambos lados en 04 barras reonadas puestas, roladas en frío, AISI-1018 de 1.59 cm (5/8"), colocadas en cruz (DIMENSION DE LA CRUZ 20 cm).

2. La soldadura a utilizar en soportes será de la serie E-80 y será aplicada en cordones corridos, en todo su perimetro.

3. El ángulo para dirigir la tobera deberá estar soldado al soporte NO A LA TUBERIA.

4. El ángulo para dirigir la tobera deberá estar soldado al soporte NO A LA TUBERIA.

5. El ángulo para dirigir la tobera deberá estar soldado al soporte NO A LA TUBERIA.

6. El ángulo para dirigir la tobera deberá estar soldado al soporte NO A LA TUBERIA.

7. El ángulo para dirigir la tobera deberá estar soldado al soporte NO A LA TUBERIA.

8. El ángulo para dirigir la tobera deberá estar soldado al soporte NO A LA TUBERIA.

9. El ángulo para dirigir la tobera deberá estar soldado al soporte NO A LA TUBERIA.

10. El ángulo para dirigir la tobera deberá estar soldado al soporte NO A LA TUBERIA.

**ACERO DE REFERENCIA:**

Material	Resistencia
Acero Estructural ASTM A-36	250 MPa
Acero Estructural ASTM A-572	355 MPa
Acero Estructural ASTM A-579	415 MPa
Acero Estructural ASTM A-588	485 MPa
Acero Estructural ASTM A-590	550 MPa
Acero Estructural ASTM A-595	620 MPa
Acero Estructural ASTM A-598	690 MPa
Acero Estructural ASTM A-599	760 MPa
Acero Estructural ASTM A-601	830 MPa
Acero Estructural ASTM A-606	900 MPa
Acero Estructural ASTM A-607	970 MPa
Acero Estructural ASTM A-608	1040 MPa
Acero Estructural ASTM A-609	1110 MPa
Acero Estructural ASTM A-610	1180 MPa
Acero Estructural ASTM A-611	1250 MPa
Acero Estructural ASTM A-612	1320 MPa
Acero Estructural ASTM A-613	1390 MPa
Acero Estructural ASTM A-614	1460 MPa
Acero Estructural ASTM A-615	1530 MPa
Acero Estructural ASTM A-616	1600 MPa
Acero Estructural ASTM A-617	1670 MPa
Acero Estructural ASTM A-618	1740 MPa
Acero Estructural ASTM A-619	1810 MPa
Acero Estructural ASTM A-620	1880 MPa
Acero Estructural ASTM A-621	1950 MPa
Acero Estructural ASTM A-622	2020 MPa
Acero Estructural ASTM A-623	2090 MPa
Acero Estructural ASTM A-624	2160 MPa
Acero Estructural ASTM A-625	2230 MPa
Acero Estructural ASTM A-626	2300 MPa
Acero Estructural ASTM A-627	2370 MPa
Acero Estructural ASTM A-628	2440 MPa
Acero Estructural ASTM A-629	2510 MPa
Acero Estructural ASTM A-630	2580 MPa
Acero Estructural ASTM A-631	2650 MPa
Acero Estructural ASTM A-632	2720 MPa
Acero Estructural ASTM A-633	2790 MPa
Acero Estructural ASTM A-634	2860 MPa
Acero Estructural ASTM A-635	2930 MPa
Acero Estructural ASTM A-636	3000 MPa
Acero Estructural ASTM A-637	3070 MPa
Acero Estructural ASTM A-638	3140 MPa
Acero Estructural ASTM A-639	3210 MPa
Acero Estructural ASTM A-640	3280 MPa
Acero Estructural ASTM A-641	3350 MPa
Acero Estructural ASTM A-642	3420 MPa
Acero Estructural ASTM A-643	3490 MPa
Acero Estructural ASTM A-644	3560 MPa
Acero Estructural ASTM A-645	3630 MPa
Acero Estructural ASTM A-646	3700 MPa
Acero Estructural ASTM A-647	3770 MPa
Acero Estructural ASTM A-648	3840 MPa
Acero Estructural ASTM A-649	3910 MPa
Acero Estructural ASTM A-650	3980 MPa
Acero Estructural ASTM A-651	4050 MPa
Acero Estructural ASTM A-652	4120 MPa
Acero Estructural ASTM A-653	4190 MPa
Acero Estructural ASTM A-654	4260 MPa
Acero Estructural ASTM A-655	4330 MPa
Acero Estructural ASTM A-656	4400 MPa
Acero Estructural ASTM A-657	4470 MPa
Acero Estructural ASTM A-658	4540 MPa
Acero Estructural ASTM A-659	4610 MPa
Acero Estructural ASTM A-660	4680 MPa
Acero Estructural ASTM A-661	4750 MPa
Acero Estructural ASTM A-662	4820 MPa
Acero Estructural ASTM A-663	4890 MPa
Acero Estructural ASTM A-664	4960 MPa
Acero Estructural ASTM A-665	5030 MPa
Acero Estructural ASTM A-666	5100 MPa
Acero Estructural ASTM A-667	5170 MPa
Acero Estructural ASTM A-668	5240 MPa
Acero Estructural ASTM A-669	5310 MPa
Acero Estructural ASTM A-670	5380 MPa
Acero Estructural ASTM A-671	5450 MPa
Acero Estructural ASTM A-672	5520 MPa
Acero Estructural ASTM A-673	5590 MPa
Acero Estructural ASTM A-674	5660 MPa
Acero Estructural ASTM A-675	5730 MPa
Acero Estructural ASTM A-676	5800 MPa
Acero Estructural ASTM A-677	5870 MPa
Acero Estructural ASTM A-678	5940 MPa
Acero Estructural ASTM A-679	6010 MPa
Acero Estructural ASTM A-680	6080 MPa
Acero Estructural ASTM A-681	6150 MPa
Acero Estructural ASTM A-682	6220 MPa
Acero Estructural ASTM A-683	6290 MPa
Acero Estructural ASTM A-684	6360 MPa
Acero Estructural ASTM A-685	6430 MPa
Acero Estructural ASTM A-686	6500 MPa
Acero Estructural ASTM A-687	6570 MPa
Acero Estructural ASTM A-688	6640 MPa
Acero Estructural ASTM A-689	6710 MPa
Acero Estructural ASTM A-690	6780 MPa
Acero Estructural ASTM A-691	6850 MPa
Acero Estructural ASTM A-692	6920 MPa
Acero Estructural ASTM A-693	6990 MPa
Acero Estructural ASTM A-694	7060 MPa
Acero Estructural ASTM A-695	7130 MPa
Acero Estructural ASTM A-696	7200 MPa
Acero Estructural ASTM A-697	7270 MPa
Acero Estructural ASTM A-698	7340 MPa
Acero Estructural ASTM A-699	7410 MPa
Acero Estructural ASTM A-700	7480 MPa
Acero Estructural ASTM A-701	7550 MPa
Acero Estructural ASTM A-702	7620 MPa
Acero Estructural ASTM A-703	7690 MPa
Acero Estructural ASTM A-704	7760 MPa
Acero Estructural ASTM A-705	7830 MPa
Acero Estructural ASTM A-706	7900 MPa
Acero Estructural ASTM A-707	7970 MPa
Acero Estructural ASTM A-708	8040 MPa
Acero Estructural ASTM A-709	8110 MPa
Acero Estructural ASTM A-710	8180 MPa
Acero Estructural ASTM A-711	8250 MPa
Acero Estructural ASTM A-712	8320 MPa
Acero Estructural ASTM A-713	8390 MPa
Acero Estructural ASTM A-714	8460 MPa
Acero Estructural ASTM A-715	8530 MPa
Acero Estructural ASTM A-716	8600 MPa
Acero Estructural ASTM A-717	8670 MPa
Acero Estructural ASTM A-718	8740 MPa
Acero Estructural ASTM A-719	8810 MPa
Acero Estructural ASTM A-720	8880 MPa
Acero Estructural ASTM A-721	8950 MPa
Acero Estructural ASTM A-722	9020 MPa
Acero Estructural ASTM A-723	9090 MPa
Acero Estructural ASTM A-724	9160 MPa
Acero Estructural ASTM A-725	9230 MPa
Acero Estructural ASTM A-726	9300 MPa
Acero Estructural ASTM A-727	9370 MPa
Acero Estructural ASTM A-728	9440 MPa
Acero Estructural ASTM A-729	9510 MPa
Acero Estructural ASTM A-730	9580 MPa
Acero Estructural ASTM A-731	9650 MPa
Acero Estructural ASTM A-732	9720 MPa
Acero Estructural ASTM A-733	9790 MPa
Acero Estructural ASTM A-734	9860 MPa
Acero Estructural ASTM A-735	9930 MPa
Acero Estructural ASTM A-736	10000 MPa
Acero Estructural ASTM A-737	10070 MPa
Acero Estructural ASTM A-738	10140 MPa
Acero Estructural ASTM A-739	10210 MPa
Acero Estructural ASTM A-740	10280 MPa
Acero Estructural ASTM A-741	10350 MPa
Acero Estructural ASTM A-742	10420 MPa
Acero Estructural ASTM A-743	10490 MPa
Acero Estructural ASTM A-744	10560 MPa
Acero Estructural ASTM A-745	10630 MPa
Acero Estructural ASTM A-746	10700 MPa
Acero Estructural ASTM A-747	10770 MPa
Acero Estructural ASTM A-748	10840 MPa
Acero Estructural ASTM A-749	10910 MPa
Acero Estructural ASTM A-750	10980 MPa
Acero Estructural ASTM A-751	11050 MPa
Acero Estructural ASTM A-752	11120 MPa
Acero Estructural ASTM A-753	11190 MPa
Acero Estructural ASTM A-754	11260 MPa
Acero Estructural ASTM A-755	11330 MPa
Acero Estructural ASTM A-756	11400 MPa
Acero Estructural ASTM A-757	11470 MPa
Acero Estructural ASTM A-758	11540 MPa
Acero Estructural ASTM A-759	11610 MPa
Acero Estructural ASTM A-760	11680 MPa
Acero Estructural ASTM A-761	11750 MPa
Acero Estructural ASTM A-762	11820 MPa
Acero Estructural ASTM A-763	11890 MPa
Acero Estructural ASTM A-764	11960 MPa
Acero Estructural ASTM A-765	12030 MPa
Acero Estructural ASTM A-766	12100 MPa
Acero Estructural ASTM A-767	12170 MPa
Acero Estructural ASTM A-768	12240 MPa
Acero Estructural ASTM A-769	12310 MPa
Acero Estructural ASTM A-770	12380 MPa
Acero Estructural ASTM A-771	12450 MPa
Acero Estructural ASTM A-772	12520 MPa
Acero Estructural ASTM A-773	12590 MPa
Acero Estructural ASTM A-774	12660 MPa
Acero Estructural ASTM A-775	12730 MPa
Acero Estructural ASTM A-776	12800 MPa
Acero Estructural ASTM A-777	12870 MPa
Acero Estructural ASTM A-778	12940 MPa
Acero Estructural ASTM A-779	13010 MPa
Acero Estructural ASTM A-780	13080 MPa
Acero Estructural ASTM A-781	13150 MPa
Acero Estructural ASTM A-782	13220 MPa
Acero Estructural ASTM A-783	13290 MPa
Acero Estructural ASTM A-784	13360 MPa
Acero Estructural ASTM A-785	13430 MPa
Acero Estructural ASTM A-786	13500 MPa
Acero Estructural ASTM A-787	13570 MPa
Acero Estructural ASTM A-788	13640 MPa
Acero Estructural ASTM A-789	13710 MPa
Acero Estructural ASTM A-790	13780 MPa
Acero Estructural ASTM A-791	13850 MPa
Acero Estructural ASTM A-792	13920 MPa
Acero Estructural ASTM A-793	13990 MPa
Acero Estructural ASTM A-794	14060 MPa
Acero Estructural ASTM A-795	14130 MPa
Acero Estructural ASTM A-796	14200 MPa
Acero Estructural ASTM A-797	14270 MPa
Acero Estructural ASTM A-798	14340 MPa
Acero Estructural ASTM A-799	14410 MPa
Acero Estructural ASTM A-800	14480 MPa

**REQUISITOS:**

1. El ángulo para dirigir la tobera deberá estar soldado al soporte NO A LA TUBERIA.

2. El ángulo para dirigir la tobera deberá estar soldado al soporte NO A LA TUBERIA.

3. El ángulo para dirigir la tobera deberá estar soldado al soporte NO A LA TUBERIA.

4. El ángulo para dirigir la tobera deberá estar soldado al soporte NO A LA TUBERIA.

5. El ángulo para dirigir la tobera deberá estar soldado al soporte NO A LA TUBERIA.

6. El ángulo para dirigir la tobera deberá estar soldado al soporte NO A LA TUBERIA.

7. El ángulo para dirigir la tobera deberá estar soldado al soporte NO A LA TUBERIA.

8. El ángulo para dirigir la tobera deberá estar soldado al soporte NO A LA TUBERIA.

9. El ángulo para dirigir la tobera deberá estar soldado al soporte NO A LA TUBERIA.

10. El ángulo para dirigir la tobera deberá estar soldado al soporte NO A LA TUBERIA.

**ESTRUCTURA METALICA:**

1. Las tuberías y soportes serán de acero estructural ASTM A-36, de 1.27 cm (1/2") de espesor, de 30 x 30 cm, perforada y soldada por ambos lados en 04 barras reonadas puestas, roladas en frío, AISI-1018 de 1.59 cm (5/8"), colocadas en cruz (DIMENSION DE LA CRUZ 20 cm).

2. La soldadura a utilizar en soportes será de la serie E-80 y será aplicada en cordones corridos, en todo su perimetro.

3. El ángulo para dirigir la tobera deberá estar soldado al soporte NO A LA TUBERIA.

4. El ángulo para dirigir la tobera deberá estar soldado al soporte NO A LA TUBERIA.

5. El ángulo para dirigir la tobera deberá estar soldado al soporte NO A LA TUBERIA.

6. El ángulo para dirigir la tobera deberá estar soldado al soporte NO A LA TUBERIA.

7. El ángulo para dirigir la tobera deberá estar soldado al soporte NO A LA TUBERIA.

8. El ángulo para dirigir la tobera deberá estar soldado al soporte NO A LA TUBERIA.

9. El ángulo para dirigir la tobera deberá estar soldado al soporte NO A LA TUBERIA.

10. El ángulo para dirigir la tobera deberá estar soldado al soporte NO A LA TUBERIA.

**CONCRETO:**

1. El concreto será de tipo 200 kg/cm<sup>2</sup>.

2. El concreto será de tipo 200 kg/cm<sup>2</sup>.

3. El concreto será de tipo 200 kg/cm<sup>2</sup>.

4. El concreto será de tipo 200 kg/cm<sup>2</sup>.

5. El concreto será de tipo 200 kg/cm<sup>2</sup>.

6. El concreto será de tipo 200 kg/cm<sup>2</sup>.

7. El concreto será de tipo 200 kg/cm<sup>2</sup>.

8. El concreto será de tipo 200 kg/cm<sup>2</sup>.

9. El concreto será de tipo 200 kg/cm<sup>2</sup>.

10. El concreto será de tipo 200 kg/cm<sup>2</sup>.

**REQUISITOS:**

1. El ángulo para dirigir la tobera deberá estar soldado al soporte NO A LA TUBERIA.

2. El ángulo para dirigir la tobera deberá estar soldado al soporte NO A LA TUBERIA.

3. El ángulo para dirigir la tobera deberá estar soldado al soporte NO A LA TUBERIA.

4. El ángulo para dirigir la tobera deberá estar soldado al soporte NO A LA TUBERIA.

5. El ángulo para dirigir la tobera deberá estar soldado al soporte NO A LA TUBERIA.

6. El ángulo para dirigir la tobera deberá estar soldado al soporte NO A LA TUBERIA.

7. El ángulo para dirigir la tobera deberá estar soldado al soporte NO A LA TUBERIA.

8. El ángulo para dirigir la tobera deberá estar soldado al soporte NO A LA TUBERIA.

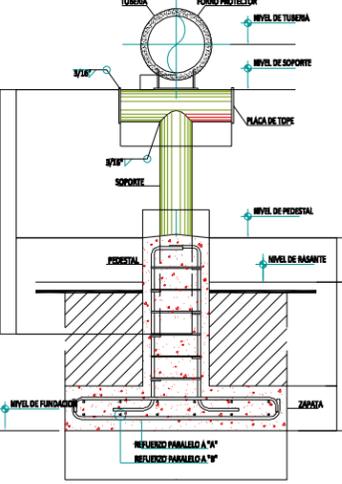
9. El ángulo para dirigir la tobera deberá estar soldado al soporte NO A LA TUBERIA.

10. El ángulo para dirigir la tobera deberá estar soldado al soporte NO A LA TUBERIA.

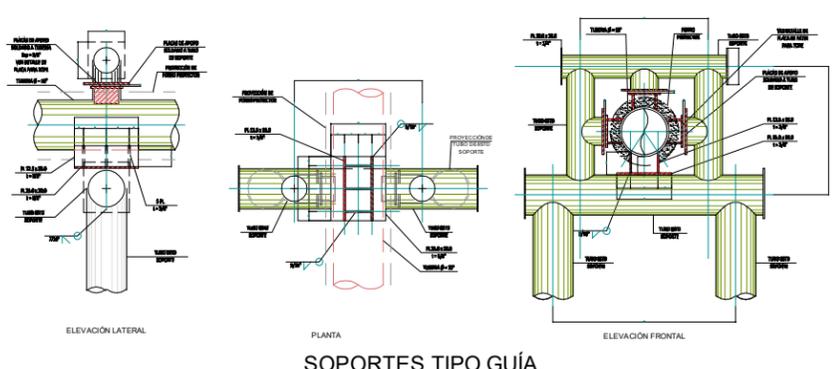
CARTABÓN ESCALA 1:5

PLACA METALICA 1 ESCALA 1:5

PLACA METALICA 2 ESCALA 1:5



ELEVACION TIPICA DE SOPORTE PARA TUBERIA

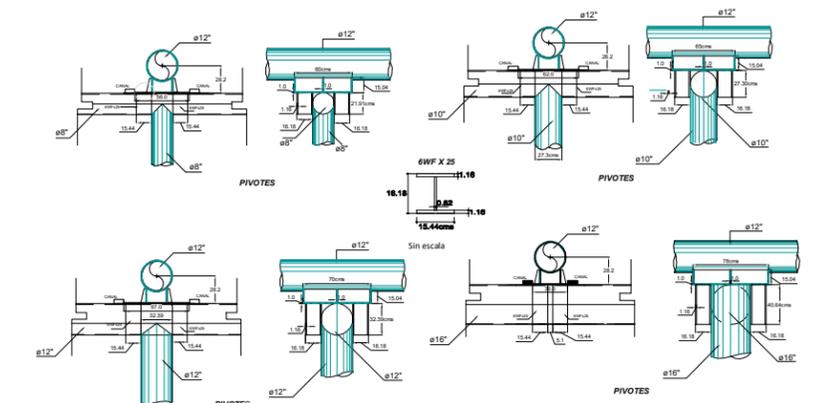


ELEVACION LATERAL

PLANTA

ELEVACION FRONTAL

SOPORTES TIPO GUÍA



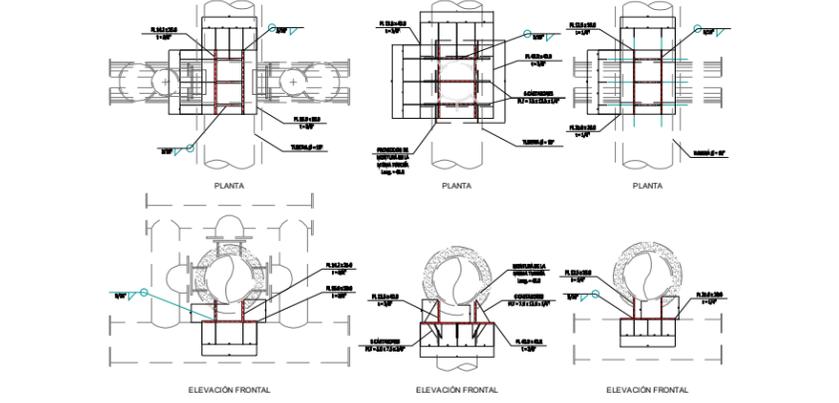
PIVOTES

PIVOTES

PIVOTES

PIVOTES

SOPORTES TIPO PIVOTES



PLANTA

PLANTA

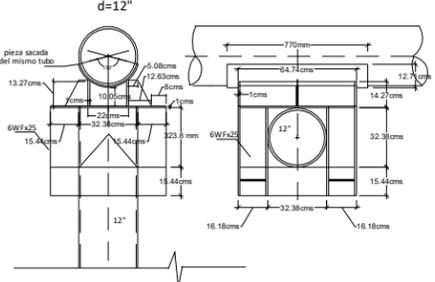
PLANTA

ELEVACION FRONTAL

ELEVACION FRONTAL

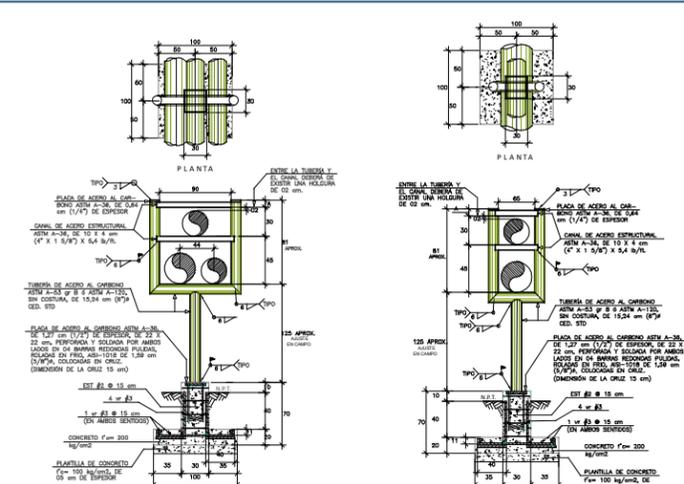
ELEVACION FRONTAL

SOPORTES TIPO PIVOTES



ANCLAJE TIPICO TUBERIA DE D=12"

SOPORTES TIPO ANCLAJE



PLANTA

PLANTA

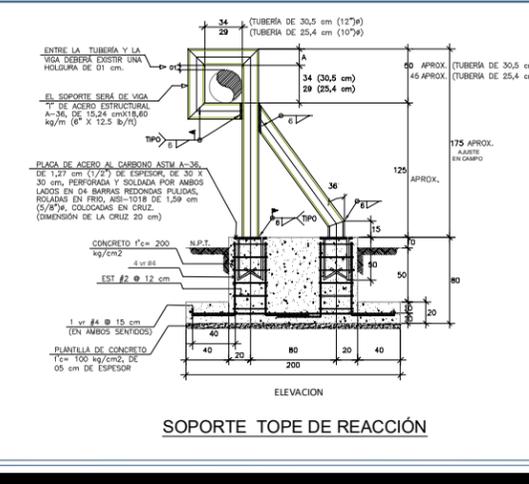
ELEVACION

ELEVACION

SOPORTE Y CIMENTACION TIPO

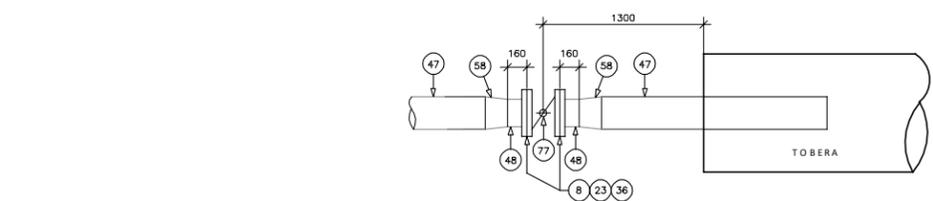
SOPORTE Y CIMENTACION TIPO

SOPORTES TIPO GUÍA MULTIPLE

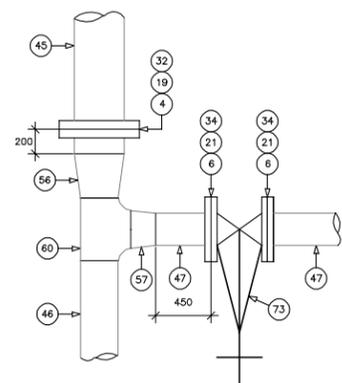


SOPORTE TOPE

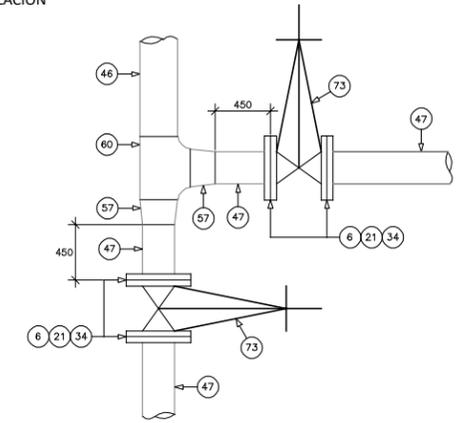




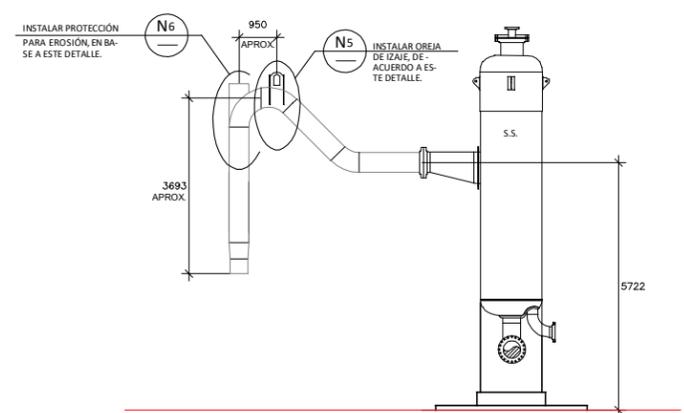
DETALLE Mb 13/21  
**INSTALACIÓN DE ARREGLO DE REGULACIÓN EN L.A.S. DEL S.S.**



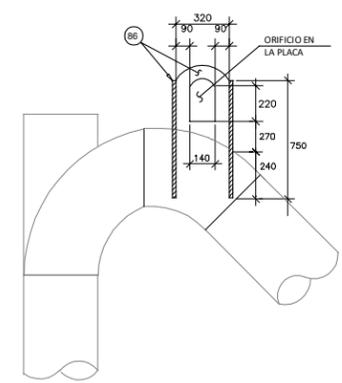
DETALLE Mb 13/21  
**INSTALACIÓN DE ARREGLO BRIDADO Y VÁLVULA EN L.A.S.**



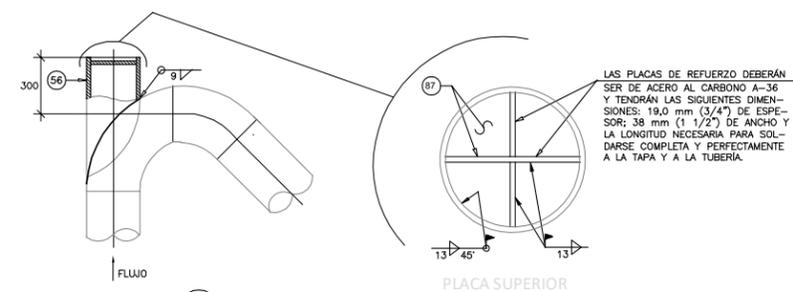
DETALLE Mb 13/21  
**INSTALACIÓN DE VÁLVULAS EN L.A.S.**



DETALLE N4 15/21  
**ARREGLOS EN CONEXIÓN L.M. AL S.S.**



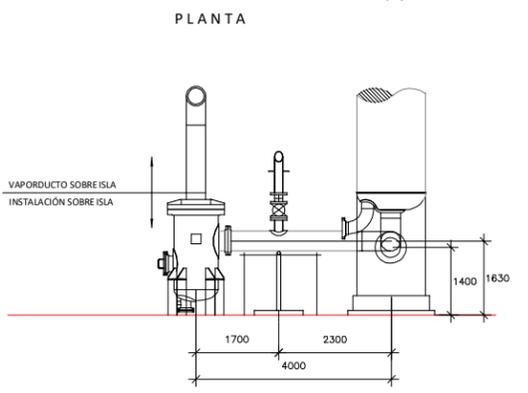
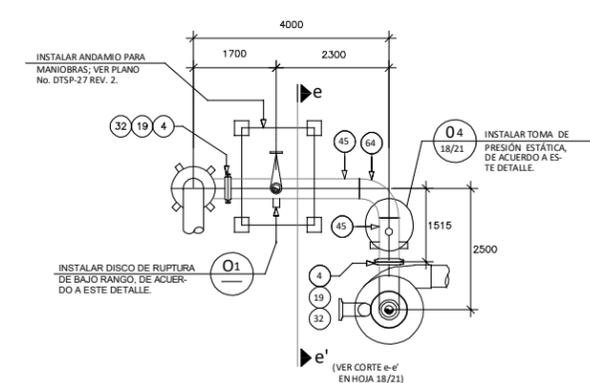
DETALLE N5  
**OREJA DE IZAJE EN CONEXIÓN L.M.-S.S.**



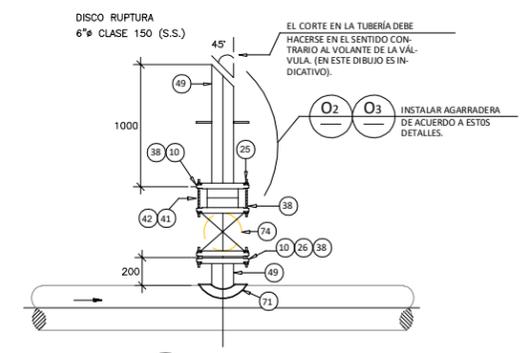
DETALLE N6  
**PROTECCIÓN PARA EROSIÓN EN S.S.**

LAS PLACAS DE REFUERZO DEBERÁN SER DE ACERO AL CARBONO A-36 Y TENDRÁN LAS SIGUIENTES DIMENSIONES: 19,0 mm (3/4") DE ESPESOR; 38 mm (1 1/2") DE ANCHO Y LA LONGITUD NECESARIA PARA SOLDARSE COMPLETA Y PERFECTAMENTE A LA TAPA Y A LA TUBERÍA.

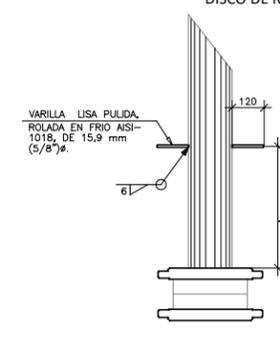
**NOTA PARA OREJA DE IZAJE:**  
 LAS PLACAS DE REFUERZO LATERAL, DEBERÁN SER DE UNA SOLA PIEZA. LA OREJA SE SOLDARÁ EN TODO SU PERÍMETRO DE CONTACTO CON LA PLACA; UNA VEZ FORMADO EL ARREGLO COMPLETO (OREJA-REFUERZOS LATERALES) SE DEBERÁ SOLDAR PERFECTAMENTE A LA TUBERÍA.



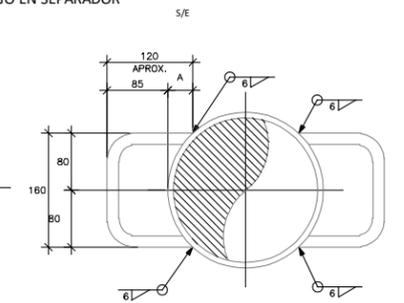
DETALLE O  
**ALZADO FRONTAL CONEXIÓN SEPARADOR-VÁLVULA DE ESFERA SECUNDARIOS**



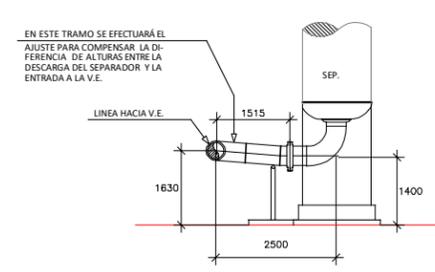
DETALLE O1  
**DISCO DE RUPTURA DE BAJO RANGO EN SEPARADOR**



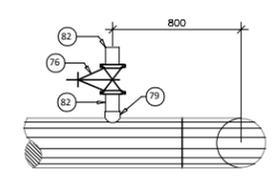
DETALLE O2  
**AGARRADERAS EN DISCO DE RUPTURA DE BAJO RANGO EN SEPARADOR**



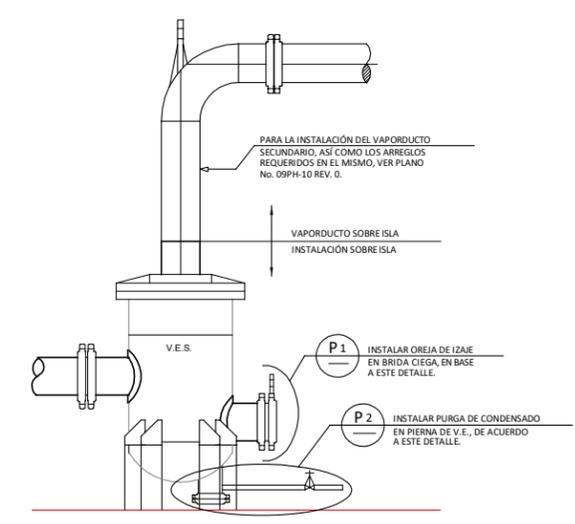
DETALLE O3  
**AGARRADERA EN DISCO DE RUPTURA DE BAJO RANGO EN SEPARADOR**



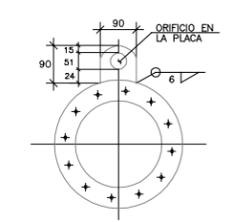
CORTE e-e'  
**AJUSTE DE ALTURA EN CONEXIÓN SEP-V.E.**  
 (VIENE DE HOJAS 17/21)



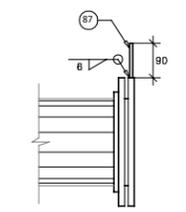
DETALLE O4 17/21  
**TOMA DE PRESIÓN ESTÁTICA EN S.S.**



DETALLE P 12/21  
**ARREGLOS EN V.E.S.**

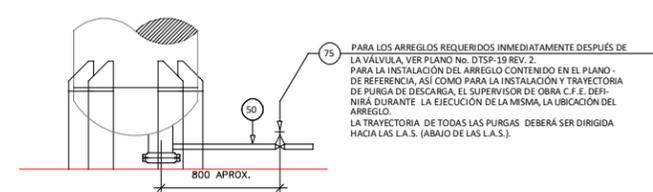


VISTA FRONTAL



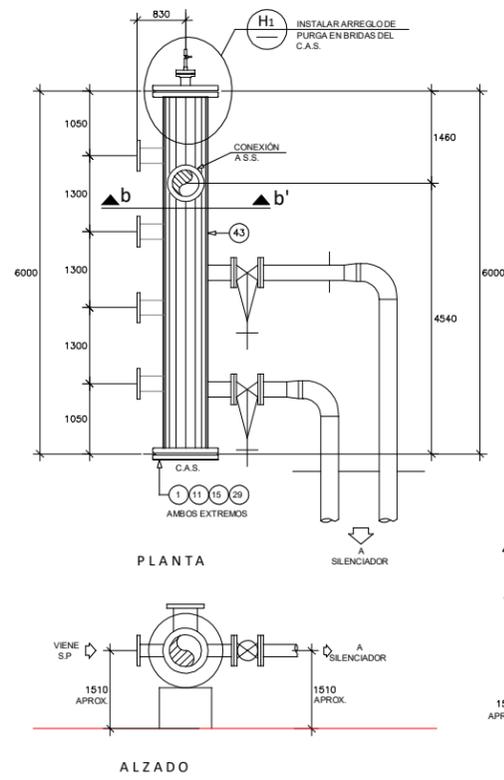
VISTA LATERAL

DETALLE P1  
**OREJA DE IZAJE EN BRIDA CIEGA DE V.E.S.**

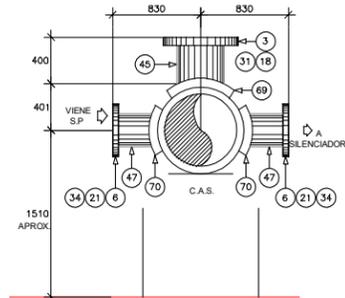
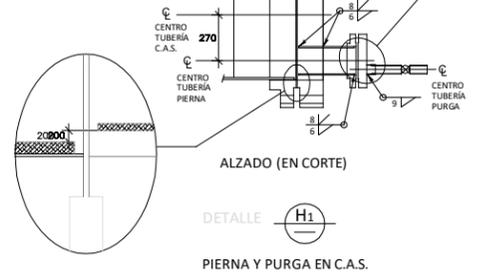
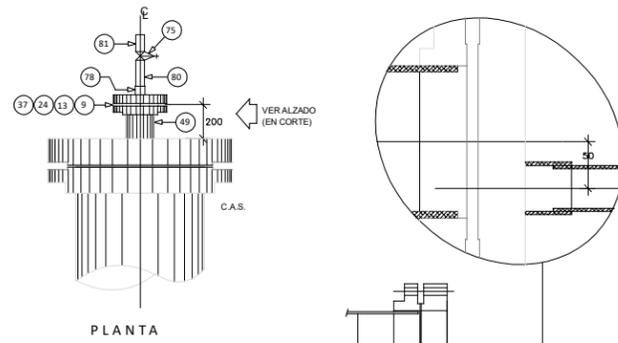


DETALLE P2  
**ARREGLOS EN V.E.S.**

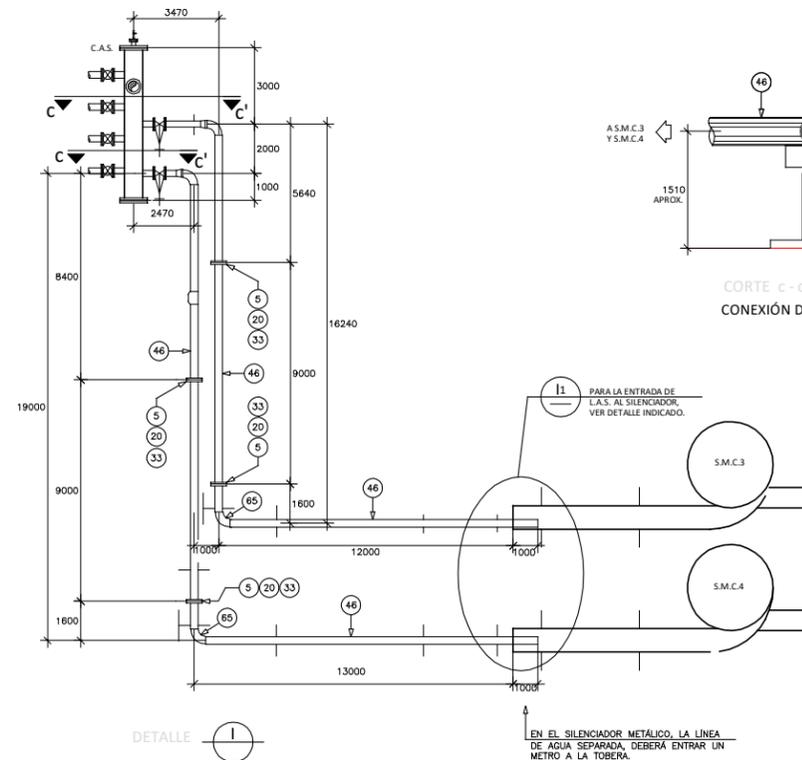
**EQUIPAMIENTO DE POZOS PRODUCTORES INSTALACIONES SUPERFICIALES COMUNES EN**



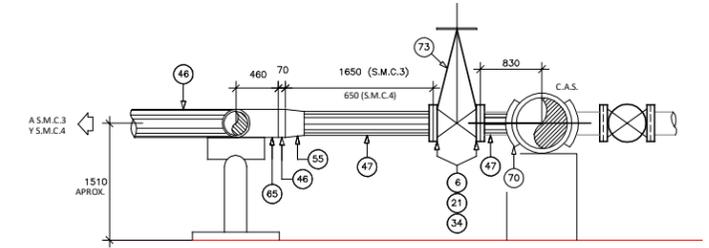
DETALLE H ARREGLOS EN COLECTOR DE AGUA SEPARADA (C.A.S.)



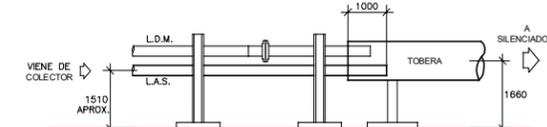
CORTE b - b' BOQUILLAS EN C.A.S.



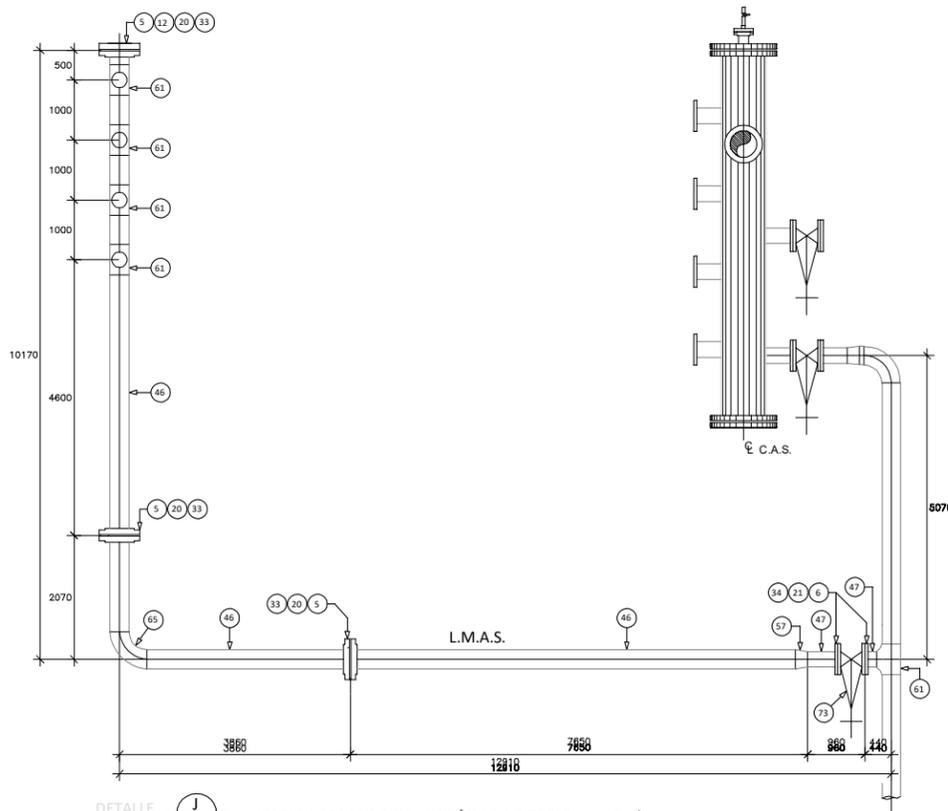
DETALLE I CONEXIÓN DE L.A.S. QUE VAN DEL C.A.S. AL SILENCIADOR



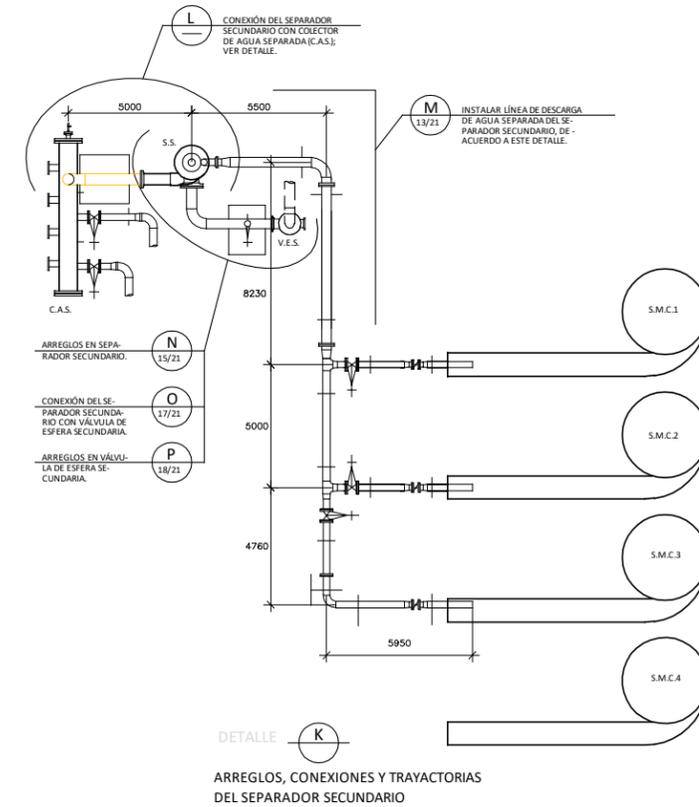
CORTE c - c' CONEXIÓN DE L.A.S. QUE VA AL S.M.C.3 Y 4 DEL COLECTOR



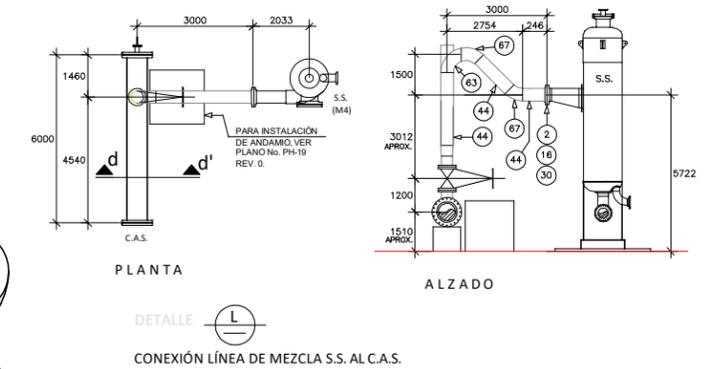
DETALLE I CONEXIÓN DE L.A.S. AL SILENCIADOR (VIENEN DEL COLECTOR)



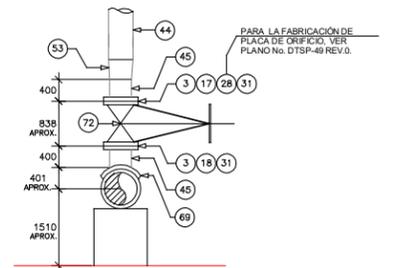
DETALLE J ARREGLO DE L.M.A.S. Y CONEXIÓN A L.A.S. DE 305 mm (12") Ø



DETALLE K ARREGLOS, CONEXIONES Y TRAYECTORIAS DEL SEPARADOR SECUNDARIO



DETALLE L CONEXIÓN LÍNEA DE MEZCLA S.S. AL C.A.S.



CORTE d - d' DETALLE DE CONEXIÓN

EQUIPAMIENTO DE POZOS PRODUCTORES  
INSTALACIONES SUPERFICIALES COMUNES EN  
CONEXIONES DE POZOS.

N°	DESCRIPCIÓN	N°	DESCRIPCIÓN	N°	DESCRIPCIÓN	N°	DESCRIPCIÓN
1	BRIDA FORJADA, DE ACERO AL CARBONO ASTM A-105, TIPO DESLIZABLE (SLIP ON), CON CARA REALZADA Y DIMENSIONES DE ACUERDO A LA NORMA MSS-SP-44, DEL SIGUIENTE DIÁMETRO: 762 mm (30") $\phi$ , CLASE 300 (COLECTOR DE AGUA SEPARADA)	29	EMPAQUE DE ASBESTO GRAFITADO DE 3,2 mm (1/8") DE ESPESOR, PARA BRIDA DE: 762 mm (30") $\phi$ -300 (COLECTOR DE AGUA SEPARADA)	56	REDUCCIÓN EXÉNTRICA FORJADA, DE ACERO AL CARBONO ASTM A-234 GR. WPB, CON EXTREMOS BISELADOS PARA SOLDAR A TOPE; DE: 406 mm X 305 mm (16 X 12") $\phi$ , DE 9,53 mm (0,375") DE ESP. (L.A.S. DEL S.S.)	72	VÁLVULA DE COMPUERTA DE ACUERDO A ESPECIFICACIÓN No. ES-VCL-03 REV. 2, CONFORME A LO INDICADO EN LA ESPECIFICACIÓN DE OBRA APLICABLE, DE: 406 mm (16") $\phi$ CLASE 300 (L.M. DEL S.S.)
2	BRIDA FORJADA, DE ACERO AL CARBONO ASTM A-105, TIPO DESLIZABLE (SLIP ON), CON CARA REALZADA Y DIMENSIONES DE ACUERDO A LA NORMA ASME B16.5, DE LOS SIGUIENTES DIÁMETROS: 457 mm (18") $\phi$ , CLASE 150 (SEPARADOR SECUNDARIO)	30	457 mm (18") $\phi$ -150 (SEPARADOR SECUNDARIO)	57	305 mm X 254 mm (12 X 10") $\phi$ , DE 9,53 mm (0,375") DE ESP. (L.A.S. DEL S.S.; L.M.A.S.)	73	254 mm (10") $\phi$ CLASE 300 (L.A.S. DEL S.S.; L.M.A.S.)
3	406 mm (16") $\phi$ , CLASE 300 (LÍNEA DE MEZCLA DEL S.S.)	31	406 mm (16") $\phi$ -300 (L.M. DEL S.S.)	58	254 mm X 203 mm (10 X 8") $\phi$ , DE 9,27 mm (0,365") DE ESP. (REG. L.A.S. DEL S.S.)	74	152 mm (6") $\phi$ CLASE 150 (DISCO RUP. DE B.R. DEL S.S.)
4	406 mm (16") $\phi$ , CLASE 150 (CONEXIÓN S.S.-V.E.S.; L.A.S. DEL S.S.)	32	406 mm (16") $\phi$ -150 (CONEXIÓN S.S.-V.E.S.; L.A.S. DEL S.S.)				
5	305 mm (12") $\phi$ , CLASE 300 (L.A.S. DEL S.S.; L.M.A.S.)	33	305 mm (12") $\phi$ -300 (L.A.S. DEL S.S.; L.M.A.S.)				
6	254 mm (10") $\phi$ , CLASE 300 (VÁLVULAS L.A.S.; BOQUILLAS C.A.S.; L.M.A.S.)	34	254 mm (10") $\phi$ -300 (VÁLVULAS L.A.S.; BOQUILLAS C.A.S.; L.M.A.S.)				
7	254 mm (10") $\phi$ , CLASE 150 (DESCARGA A.S. DEL S.S.; L.A.S. DEL S.S.)	35	254 mm (10") $\phi$ -150 (DESCARGA A.S. DEL S.S.; L.A.S. DEL S.S.)				
8	203 mm (8") $\phi$ , CLASE 300 (REGULACIÓN L.A.S. DEL S.S.)	36	203 mm (8") $\phi$ -300 (REGULACIÓN L.A.S. DEL S.S.)				
9	152 mm (6") $\phi$ , CLASE 300 (PURGA C.A.S.)	37	152 mm (6") $\phi$ -300 (PURGA C.A.S.)				
10	152 (6") $\phi$ , CLASE 150 (DISCO DE RUPTURA A.R. Y B.R. DEL S.S.)	38	152 mm (6") $\phi$ -150 (DISCO DE RUPTURA A.R. Y B.R. DEL S.S.)	59	REDUCCIÓN BUJE DE ACERO AL CARBONO ASTM A-105, CLASE 3000, ROSCADA; DE: 25 mm X 12,7 mm (1" X 1/2") $\phi$ (INDICADOR DE NIVEL EN S.S.)	75	51 mm (2") $\phi$ CLASE ANSI 300 (PURGA V.E.S.; PURGA C.A.S.)
11	BRIDA FORJADA, DE ACERO AL CARBONO ASTM A-105, TIPO CIEGA, CON CARA REALZADA Y DIMENSIONES DE ACUERDO A LA NORMA MSS-SP-44, DEL SIGUIENTE DIÁMETRO: 762 mm (30") $\phi$ , CLASE 300, CON ORIFICIO PARA INSERTAR TUBERÍA DE 152 mm (6") $\phi$ (COLECTOR DE AGUA SEPARADA)	39	51 mm (2") $\phi$ -300 (INDICADOR DE NIVEL DEL S.S.)	60	TEE FORJADA, DE ACERO AL CARBONO ASTM A-234 GR. WPB, CON EXTREMOS BISELADOS PARA SOLDAR A TOPE, DE: 305 mm (12") $\phi$ , DE 9,53 mm (0,375") DE ESP. (L.A.S. DEL S.S.)	76	25 mm (1") $\phi$ CLASE ANSI 300 (IND. DE NIVEL S.S.; TOMA PRESIÓN ESTÁTICA)
12	BRIDA FORJADA, DE ACERO AL CARBONO ASTM A-105, TIPO CUELLO SOLDABLE, CON CARA REALZADA Y DIMENSIONES DE ACUERDO A LA NORMA ASME B16.5, DE LOS SIGUIENTES DIÁMETROS: 305 mm (12") $\phi$ , CLASE 300 (L.M.A.S.)	40	INDICADOR DE NIVEL, TIPO REFLEX O REFLEJANTE, MODELO 37-R-20 DE LA MARCA JERGUSON O EQUIVALENTE, CON EXTREMOS ROSCADOS, DE 12,7 mm (1/2") DE DIÁMETRO, ROSCA NPT.	61	305 X 305 X 254 mm (12 X 12 X 10") $\phi$ , DE 9,53 mm (0,375") DE ESP. (L.M.A.S.)	77	VÁLVULA DE MARIPOSA, DE ACUERDO A ESPECIFICACIÓN No. ES-VM-01 REV. 2, DE: 203 mm (8") $\phi$ CLASE 300 (REGULACIÓN L.A.S. DEL S.S.)
13	152 mm (6") $\phi$ , CLASE 300 CON ORIFICIO PARA SOLDAR COPLE DE 51 mm (2") $\phi$ (PURGA EN C.A.S.)	41	DISCO DE RUPTURA PARA VAPOR MARCA BS&B TIPO S-90 O SU EQUIVALENTE EN LA MARCA CONTINENTAL, MATERIAL DEL DISCO INCONEL 600, CON RANGO DE MANUFACTURA DE 10%; DE: 152 mm (6") $\phi$ CLASE 150 (DISCO RUPTURA A.R. Y B.R. EN S.S.)	62	TEE FORJADA DE ACERO AL CARBONO ASTM A-105, CLASE 3000, ROSCADA; DE: 25 mm (1") $\phi$ (INDICADOR DE NIVEL EN S.S.)	78	COPLE FORJADO, DE ACERO AL CARBONO ASTM A-105, CLASE 3000, ROSCADO, DE: 51 mm (2") $\phi$ (PURGA C.A.S.)
14	51 mm (2") $\phi$ , CLASE 300 CON ORIFICIO DE 35 mm (1 3/8") $\phi$ (INDICADOR DE NIVEL DEL S.S.)	42	CABEZAL PORTADISCO PARA VAPOR, MARCA BS&B TIPO S-90-7R, O SU EQUIVALENTE EN LA MARCA CONTINENTAL, MATERIAL DE LA ENTRADA Y SALIDA DE ACERO AL CARBONO, DE: 152 mm (6") $\phi$ CLASE 150 (DISCO RUPTURA A.R. Y B.R. EN S.S.)	63	CODO DE 90°, FORJADO, DE ACERO AL CARBONO ASTM A-234 GR. WPB, RADIO LARGO, EXTREMOS BISELADOS PARA SOLDAR A TOPE, DE: 457 mm (18") $\phi$ , DE 9,53 mm (0,375") DE ESP. (L.M. DEL S.S.)	79	25 mm (1") $\phi$ (TOMA PRESIÓN ESTÁTICA)
15	ESPÁRRAGO ROSCA CORRIDA CON LOS HILOS POR PULGADA QUE INDICA LA SERIE UNC TABLA ASME/ANSI B1.1, DE ACERO ALEADO ASTM A-193 GR B7, (AISI 4140 H) CON DOS TUERCAS HEXAGONALES DE ACERO AL CARBONO ASTM A-194, GR. 2H, CON TOLERANCIA DE ROSCA DE ACUERDO AL ANSI B1.1 CLASE 2A Y 2B. (PARA NOTAS REQUERIDAS VER LA ESPECIFICACIÓN DE OBRA APLICABLE); DE LAS SIGUIENTES DIMENSIONES: 44 mm (1 3/4") $\phi$ X 292 mm (11 1/2") (BRIDA 292 mm (30") $\phi$ -300 C.A.S.)	43	TUBERÍA DE ACERO AL CARBONO, DE ACUERDO A NORMA DE REFERENCIA NRF-073-CFE-2008 "TUBERÍA DE USO GEOTÉRMICO", DE LOS SIGUIENTES DIÁMETROS Y ESPESORES: 762 mm (30") $\phi$ , DE 12,7 mm (0,500") DE ESPESOR (COLECTOR DE AGUA SEPARADA)	64	406 mm (16") $\phi$ , DE 9,53 mm (0,375") DE ESP. (L.A.S. DEL S.S.; CONEXIÓN S.S.-V.E.S.)	80	NIPLE DE ACERO AL CARBONO ASTM A-53 gr B, SIN COSTUR, ROSCADO, DE: 51 mm (2") $\phi$ X 152 mm (6") CED. 160 (PURGA C.A.S.)
16	29 mm (1 1/8") $\phi$ X 152 mm (6") (BRIDA 457 mm (18") $\phi$ -150, S.S.)	44	457 mm (18") $\phi$ , DE 9,53 mm (0,375") DE ESPESOR (L.M. DEL S.S.)	65	305 mm (12") $\phi$ , DE 9,53 mm (0,375") DE ESP. (L.A.S. DEL S.S.; L.M.A.S.)	81	51 mm (2") $\phi$ X 102 mm (4") CED. 80 (PURGA C.A.S.)
17	32 mm (1 1/4") $\phi$ X 216 mm (8 1/2") (BRIDA 406 mm (16") $\phi$ -300, L.M. DEL S.S.)	45	406 mm (16") $\phi$ , DE 9,53 mm (0,375") DE ESP. (CONEXIÓN S.S.-V.E.S.; L.A.S. DEL S.S.; L.M. DEL S.S.)	66	254 mm (10") $\phi$ , DE 9,27 mm (0,365") DE ESP. (L.A.S. DEL S.S.)	82	25 mm (1") $\phi$ X 102 mm (4") CED. 80 (TOMA PRESIÓN ESTÁTICA; INDICADOR DE NIVEL EN S.S.)
18	32 mm (1 1/4") $\phi$ X 191 mm (7 1/2") (BRIDA 406 mm (16") $\phi$ -300, L.M. DEL S.S.)	46	305 mm (12") $\phi$ , DE 9,53 mm (0,375") DE ESP. (L.A.S. DEL S.S.; L.M.A.S.)	67	457 mm (18") $\phi$ , DE 9,53 mm (0,375") DE ESP. (L.M. DEL S.S.)	83	TUERCA UNIÓN DE ACERO AL CARBONO ASTM A-105, EXTREMOS ROSCADOS, HEXAGONAL, CON ASIENTOS METÁLICOS, DE: 25 mm (1") CLASE 3000 (INDICADOR DE NIVEL EN S.S.)
19	25 mm (1") $\phi$ X 140 mm (5 1/2") (BRIDA 406 mm (16") $\phi$ -150, CONEXIÓN S.S.-V.E.S.; L.A.S. DEL S.S.)	47	254 mm (10") $\phi$ , DE 9,27 mm (0,365") DE ESP. (L.A.S. DEL S.S.; BOQUILLAS C.A.S.; L.M.A.S.)	68	CODO DE 90°, FORJADO, DE ACERO AL CARBONO ASTM A-105, CLASE 3000, ROSCADO, DE: 25 mm (1") $\phi$ (INDICADOR DE NIVEL EN S.S.)	84	PLACA DE ACERO AL CARBONO ASTM A-36, DE: 180 mm X 59 mm DE 19,0 mm (3/4") ESPESOR (GANCHO DE TOBERA)
20	29 mm (1 1/8") $\phi$ X 171 mm (6 3/4") (BRIDA 305 mm (12") $\phi$ -300, L.A.S. DEL S.S.; L.M.A.S.)	48	203 mm (8") $\phi$ , DE 8,18 mm (0,322") DE ESP. (REG. L.A.S. DEL S.S.)	69	762 mm (30") $\phi$ EXT. X 413 mm (16 1/4") $\phi$ INT. FABRICADO CON TUBERÍA DE 762 mm (30") $\phi$ , DE 12,7 mm (0,500") DE ESP. (BOQUILLAS C.A.S.)	85	150 mm X 140 mm DE 19,0 mm (3/4") ESPESOR (GANCHO DE TOBERA)
21	25 mm (1") $\phi$ X 159 mm (6 1/4") (BRIDA 254 mm (10") $\phi$ -300, VÁLVULAS L.A.S.; BOQUILLAS C.A.S.; L.M.A.S.)	49	152 mm (6") $\phi$ , DE 7,11 mm (0,280") DE ESP. (PURGA C.A.S.; DISCO RUP. A.R. Y B.R. DEL S.S.)	70	533 mm (21") $\phi$ EXT. X 279 mm (11") $\phi$ INT. FABRICADO CON TUBERÍA DE 762 mm (30") $\phi$ , DE 12,7 mm (0,500") DE ESP. (BOQUILLAS C.A.S.)	86	25 mm (1") ESPESOR (OREJA Y REFUERZOS EN CURVA DE S.S.)
22	22,2 mm (7/8") $\phi$ X 121 mm (4 3/4") (BRIDA 254 mm (10") $\phi$ -150, DESCARGA A.S. DEL S.S.; L.A.S. DEL S.S.)	50	51 mm (2") $\phi$ , CED. 80 (PURGA V.E.S.)	71	381 mm (15") $\phi$ EXT. X 175 mm (6 7/8") $\phi$ INT. FABRICADO CON TUBERÍA DE 406 mm (16") $\phi$ , DE 9,53 mm (0,375") DE ESP. (DISCO DE RUP. B.R. EN S.S.)	87	19,0 mm (3/4") ESPESOR (PROTECCIÓN PARA EROSIÓN EN S.S.; OREJAS DE IZAJE EN BRIDA CIEGA DE SEP. Y V.E.)
23	22,2 mm (7/8") $\phi$ X 203 mm (8") (BRIDA 203 mm (8") $\phi$ -300, (REGULACIÓN L.A.S. DEL S.S.)	51	25 mm (1") $\phi$ , CED. 80 (INDICADOR DE NIVEL EN S.S.)				
24	19,0 mm (3/4") $\phi$ X 127 mm (5") (BRIDA 152 mm (6") $\phi$ -300, PURGA C.A.S.)	52	12,7 mm (1/2") $\phi$ , CED. 80 (INDICADOR DE NIVEL EN S.S.)				
25	19,0 mm (3/4") $\phi$ X 191 mm (7 1/2") (BRIDA 152 mm (6") $\phi$ -150, DISCO RUPTURA A.R. Y B.R. DEL S.S.)						
26	19,0 mm (3/4") $\phi$ X 102 mm (4") (BRIDA 152 mm (6") $\phi$ -150, DISCO RUPTURA B.R. DEL S.S.)						
27	15,9 mm (5/8") $\phi$ X 89 mm (3 1/2") (BRIDA 51 mm (2") $\phi$ -300, INDICADOR NIVEL DEL S.S.)						
28	PLACA DE ORIFICIO DE RESTRICCIÓN PARA BRIDA DE: 406 mm (16") $\phi$ CLASE 300 (L.M. DEL S.S.)						

## NOMENCLATURA

APROX.	APROXIMADO	L.D.M.	LÍNEA DESVIADORA DE MEZCLA
A.R.	ALTO RANGO	L.M.	LÍNEA DE MEZCLA
A.S.	AGUA SEPARADA	L.M.A.S.	LÍNEA DE MEDICIÓN DE AGUA SEPARADA
B.R.	BAJO RANGO	N.T.N.	NIVEL DE TERRENO NATURAL
C.A.S.	COLECTOR DE AGUA SEPARADA	REG.	REGULACIÓN
CED.	CÉDULA	RUP.	RUPTURA
Ø	LÍNEA DE CENTRO	SEP.	SEPARADOR
Ø	DIÁMETRO	S/E	SIN ESCALA
ESP.	ESPESOR	S.M.C.	SILENCIADOR METÁLICO CENTRÍFUGO
EXT	EXTERIOR	S.S.	SEPARADOR SECUNDARIO
INT	INTERIOR	V.E.	VÁLVULA DE ESFERA
L.A.S.	LÍNEA DE AGUA SEPARADA	V.E.S.	VÁLVULA DE ESFERA SECUNDARIA

## NOTAS GENERALES

- TODAS LAS ACOTACIONES ESTÁN EN MILÍMETROS, A EXCEPCIÓN DE LAS INDICADAS EN OTRAS UNIDADES.
- TODAS LAS ACOTACIONES CON LAS SIGLAS "APROX." DEBERÁN SER VERIFICADAS EN CAMPO POR EL CONTRATISTA Y CON LA APROBACIÓN DEL SUPERVISOR DE CFE ANTES DE SU CONSTRUCCIÓN.
- TODAS LAS TUBERÍAS DEBERÁN ASENTAR PERFECTAMENTE EN LOS SOPORTES DE LAS MISMAS.
- LAS UNIONES SOLDADAS QUE SE EFECTUEN A EQUIPOS Y TUBERÍA QUE TRABAJEN A PRESIÓN, DEBERÁN REALIZARSE POR SOLDADORES CALIFICADOS, Y ESTARÁN SUJETAS A INSPECCIÓN
- EN UNIONES SOLDADAS DE ESTRUCTURAS SE DEBERÁ USAR SOLDADURA E-6011 Y EN TUBERÍA SE USARÁ PARA PENETRACIÓN SOLDADURA E-6011 Y PARA ACABADO E-7018.
- SE DEBERÁN LIMPIAR CON CHORRO DE ARENA: LÍNEAS DE AGUA SEPARADA QUE VAN DEL COLECTOR AL SILENCIADOR; TOBERAS; ANDAMIOS; PURGAS; DISCOS DE RUPTURA; OREJAS DE IZAJE Y OTROS INDICADOS POR EL SUPERVISOR DE OBRA
- EN TOBERAS; L.A.S. DEL COLECTOR AL SILENCIADOR; ANDAMIOS; PURGAS; DISCOS DE RUPTURA; OREJAS DE IZAJE Y OTROS INDICADOS POR EL SUPERVISOR DE OBRA, SE DEBERÁ APLICAR UN RECUBRIMIENTO ANTICORROSIVO DE ACUERDO A NORMA Y CONFORME A LO INDICADO EN LAS ESPECIFICACIONES DE OBRA APLICABLE.
- EL SEPARADOR; CONEXIÓN SEP.-V.E.; LÍNEA DE MEZCLA; VÁLVULA DE ESFERA; TOBERA DE LOS SILENCIADORES; BOQUILLAS DEL C.A.S.; DEBERÁN SER AISLADOS TÉRMICAMENTE EN BASE A ESPECIFICACIÓN DE OBRA.
- TODAS LAS ROSCAS DE TUBERÍAS Y ACCESORIOS DEBERÁN TENER 30 mm DE LONGITUD COMO MÍNIMO, Y SE DEBERÁ UTILIZAR CINTA DE TEFLÓN PARA ROSCAR; LA ROSCA DEBERÁ PENETRAR 20 mm COMO MÍNIMO.
- EL CONTRATISTA PINTARÁ EN EL SILENCIADOR METÁLICO Y DE ACUERDO AL PLANO EL NOMBRE DEL POZO.

# LISTA DE MATERIALES, NOMENCLATURA Y NOTAS GRLES.

## 10.0. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Es importante para el desarrollo de la industria geotérmica tener los sistemas de plataformas de producción y separación bien definidos, así como también desarrollados. Ya que en esta parte del proceso de generación aún no se tiene estandarizados los sistemas, arreglos, dimensiones y metodologías de aprovechamiento de este recurso, el presente está enfocado a los diferentes sistemas de separación buscando la optimización de los diseños, materiales, normas, espacios y condiciones específicas de cada región; así como las experiencias actuales en diferentes partes del mundo, dando como resultado una propuesta de un módulo de separación de cuatro separadores primarios y uno secundario los cuales pueden manejar 1400 t/hr (390 kg/s) de flujo bifásico, teniendo como promedio una calidad del 20% de esta podemos obtener 280 t/hr (78 kg/s) de vapor primario y 90 t/hr (25 kg/s) de vapor secundario, asumiendo que el consumo específico de la turbina es de 2.5 kg/s tendremos un potencial aproximado de 35Mwe por modulo, que ya esta modulación se puede ampliar hasta cuatro módulos en una sola plataforma obteniendo así un potencial en este sistema de 140 Mwe.

### Plataformas de Separación:

- Las plataformas actualmente están siendo dimensionadas para más de un sistema de separación, ya que que por lo general los campos geotérmicos en su gran mayoría se encuentran en sistemas volcánicos en lugares poco accesibles o con restricciones de ubicación, ambientales y sociales.
- Estas plataformas generalmente requerirán menor área, lo que se traduce en menores costos de obras civiles.
- Se reducen los aspectos e impactos ambientales y sociales.

### Instalaciones Superficiales

- En la mayoría de los sistemas de separación a nivel global, se tienen separadores tipo Webre verticales, con los métodos de cálculos de Hugo Lazalde-Crabtree.
- Se recomienda diseñar un equipo separación dentro de los rangos máximos permitidos por la metodología antes mencionada, debido a que la evolución de un pozo geotérmico es siempre a la baja de su producción medida, garantizando con ello estar dentro de los parámetros de eficiencia de separación por un tiempo más prolongado.
- La tendencia de los sistemas de separación es conjuntar y distribuir el flujo bifásico en una sola plataforma de separación, ya que con ello proporcionas un mejor manejo del recurso, teniendo así un mejor monitoreo de control y manejo de los pozos geotérmicos.
- Conjuntar los sistemas de separación ayuda a disminuir algunos de los parámetros de seguridad, eficiencia, problemáticas ambientales y sociales.
- Un rango promedio de los sistemas de separación es de 350 t/hr (97 kg/s) de flujo por separador centrifugo, permitiendo el control adecuado del o los pozos geotérmicos integrados en el mismo.

- La presión estimada en los pozos geotérmicos ronda en los 12 bar\_a, con esto se realizaron los cálculos correspondientes del separador centrífugo calculado, las presiones y flujos de estimados para la capacidad de la plataforma propuesta.
- Se recomienda analizar los métodos de certificación de los separadores centrífugos para cumplir con las normativas de seguridad dentro del país o entidad donde se encuentren instalados.

### Equipos de separación:

Se concluye que los separadores y secadores de tipo Webre son los más comúnmente utilizados en diferentes plantas geotérmicas y que la metodología de Lazalde-Crabtree (1984) es la más utilizada para el diseño y evaluación de estos equipos.

Los separadores y secadores diseñados con la metodología de Lazalde-Crabtree operan con tal eficiencia que permiten que la calidad del vapor sea superior al 99.95%.

Los criterios para el diseño de Secadores toman en cuenta los siguientes parámetros:

- Grado de mantenimiento,
- Caída de presión,
- Número de accesorios,
- Eficiencia de separación,
- Tamaño de partícula a separar,
- Gastos de operación,
- Limitaciones para presión,
- Velocidad de entrada del vapor,
- Causas de falla posibles,
- Efectos de las fluctuaciones del flujo (presión, gasto),
- Partes móviles,
- Técnicas de operación, y
- Vida útil del equipo.

Se sometieron al análisis cuatro tipos de equipos: (a) gravitacional, (b) impacto inercial, (c) centrífugo, y (c) lavado de vapor. Siendo su desventaja que sus dimensiones son más grandes que el tipo Webre, y se tiene una mayor pérdida debido a sus dimensiones, se requiere que el vapor contenga al menos el 99.9 % de sequedad para que sea efectivo su funcionamiento.

## 11.0 AGRADECIMIENTOS.

Al ingeniero José Luis Henríquez Miranda, Coordinador del Área de Instalaciones Superficiales de LaGeo SA de CV y docente del Diplomado en Geotermia para América Latina, edición 2018, quien muy amablemente ha dedicado el tiempo necesario para orientarnos, revisar, corregirnos y hacer aportes valiosos al presente. Gracias Totales.

A los financiadores y entidades involucradas en la realización de este diplomado UNU-GTP, Universidad de El Salvador, Grupo CEL/LaGeo SA de CV, ICEIDA, NDF, por brindar las condiciones necesarias para nuestra formación en geotermia.

A todos los docentes, coordinadores y colaboradores involucrados en la realización del Diplomado en Geotermia para América Latina, edición 2018.

## 12.0 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

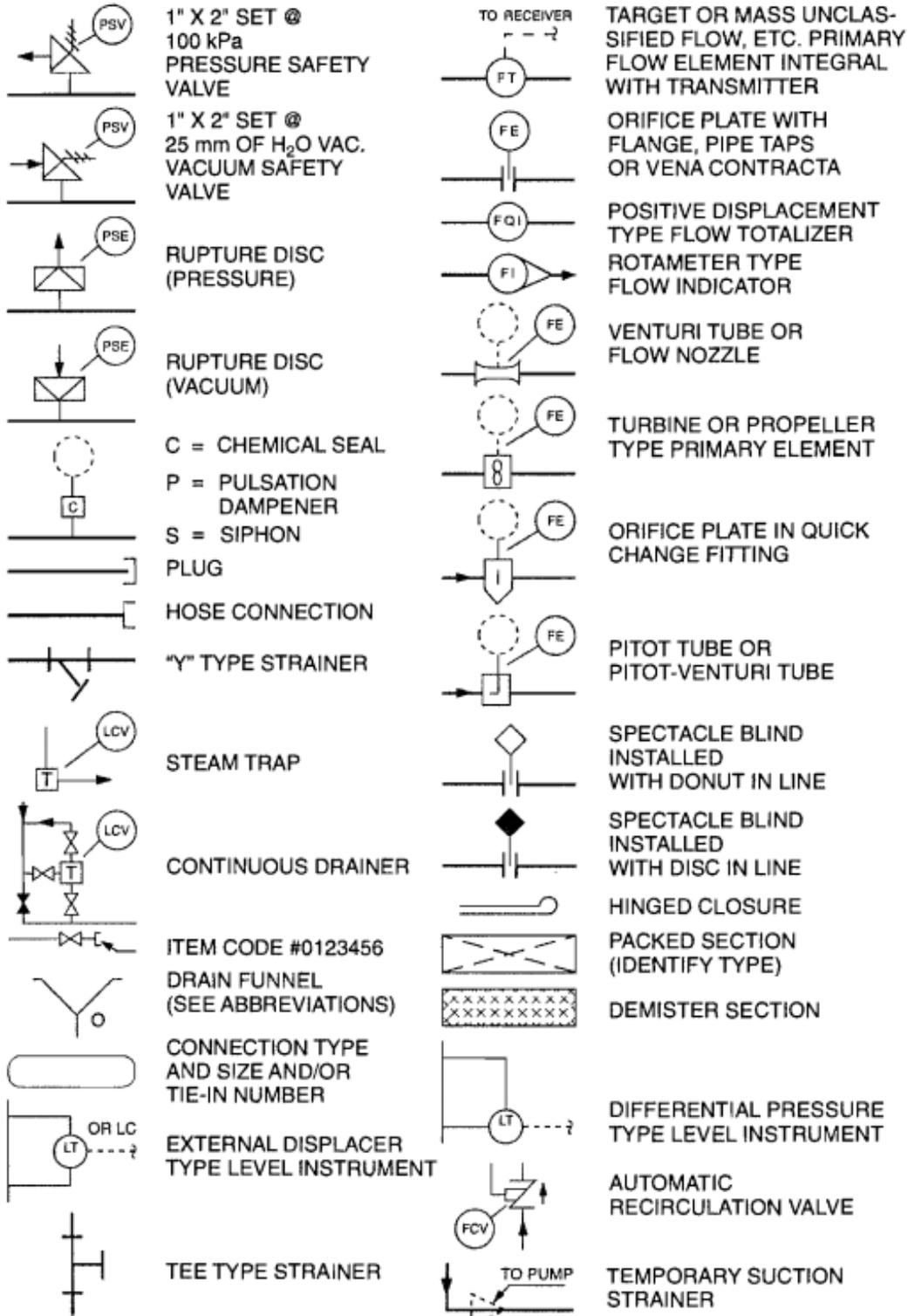
- [1]. Geothermal Power Plants, Principles, applications, case studies and Environmental Impact, Ronald DiPippo, second Edition, 2008
- [2]. Diseño y evaluación de separadores y secadores tipo Webre, estado del arte, Marzo 2015, Instituto de Investigaciones Eléctricas, Fernando Rivas Cruz, Alfonso García Gutiérrez, Ángel A. Ortiz-Bolaños y Juan I. Martínez-estrella.
- [3]. Manual de recipientes a presión, Diseño y cálculo, Eugene F. Megyesy, editorial Limusa, México, 2001
- [4]. Joint Efficiency (J.E.) and Code Reference in ASME Section VIII, Div. 1 (2011) table B31.3 302.3.4.
- [5]. Allowable Stress (MPa), ASME Section II, Part D, Table 5A, Esfuerzos Permisibles del material ASTM A-285 Gr.C.
- [6]. ASME Boiler and Pressure Vessel Code, 2010, Section VIII, Div. 1, Rules for construction of pressure vessels.
- [7]. Design Approach of Steam-water Separator and Steam Dryers for Geothermal Applications for Hugo Lazalde-Crabtree, research Engineer, Instituto de Investigaciones Eléctricas, México, D.F.

## 13.0 ANEXOS

\* BY ADDING AN ACTUATOR TO BASIC VALVE SYMBOL, VALVE BECOMES A CONTROL VALVE

	GATE VALVE		DIAPHRAGM VALVE
	GLOBE VALVE		ANGLE VALVE
	CHECK VALVE		THREE WAY VALVE
	PLUG VALVE		FOUR WAY VALVE
	HAND CONTROL VALVE		INSULATED VALVE BODY ihv
	BALL VALVE		NEEDLE VALVE NV
	BUTTERFLY VALVE OR DAMPER		STOP CHECK VALVE
	BLOWDOWN VALVE		ANGLE BLOWDOWN VALVE
	VALVE WITH BLEED OR PURGE CONNECTION UNDER DISC	OTHER VALVES INDICATE PROPER ABBREVIATION UNDER VALVE, EXAMPLE:	
			TIGHT SHUTOFF TSO

### (F) MANUALLY OPERATED VALVES



(G) MISCELLANEOUS