



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA

“DETERMINACIÓN DEL NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN SAN PEDRO 1 (SP1)”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO
QUÍMICO

PRESENTA:
CORNEJO ESPINAL PEDRO

DIRECTOR DE TESIS:
I.Q. Yasser Iván Rivas Gutiérrez

CIUDAD DE MEXICO SEPTIEMBRE DE 2016





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES "ZARAGOZA"

DIRECCIÓN

JEFE DE LA UNIDAD DE ADMINISTRACIÓN
ESCOLAR
PRESENTE.

Comunico a usted que al alumno(a) Cornejo Espinal Pedro con número de cuenta 41001095-4 de la carrera Ingeniería Química, se le ha fijado el día 23 del mes de Septiembre de 2016 a las 17:00 horas para presentar su examen profesional, que tendrá lugar en la sala de exámenes profesionales del Campus II de esta Facultad, con el siguiente jurado:

PRESIDENTE	M. EN I. PABLO EDUARDO VALERO TEJEDA
VOCAL	I.Q. YASSER IVÁN RIVAS GUTIÉRREZ
SECRETARIO	I.Q. DELFINO GALICIA RAMÍREZ
SUPLENTE	M. EN C. CESAR SAÚL VELASCO HERNÁNDEZ
SUPLENTE	M. EN I. CRESENCIANO ECHAVARRIETA ALBÍTER

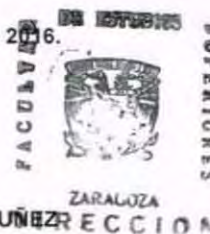
El título de la tesis que se presenta es: "Determinación del NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)".

Opción de Titulación: Tesis Convencional

ATENTAMENTE
"POR MI RAZ"

A HABLARÁ EL ESPÍRITU"
México, D. F. a 01 de Septiembre de 2016.

DR. VÍCTOR MANUEL MENDOZA NÚÑEZ
DIRECTOR



RECIBI
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES

Va. Bo.
I.Q. DOMINGA ORTIZ BASTISTA



AGRADECIMIENTOS

Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza.

Por dar la oportunidad de cursar en sus aulas llenas de conocimiento, con profesores de calidad, para la formación formando profesionistas útiles para la sociedad.

A los Ingenieros Sinodales

Por su tiempo, comentarios y sugerencias para la culminación del presente documento.

A mi director de tesis Ing. Yasser Iván Rivas Gutiérrez

Por su tiempo, apoyo, confianza y un gran aporte de conocimientos para realizar este trabajo, así como la confianza de seguir desarrollarme en el ámbito profesional

A quienes conforman la empresa Seguridad y Medio Ambiente (TEMA), compañeros y amigos

Por la oportunidad de desarrollarme en la vida laboral y que gracias a su experiencia en cada uno de los temas pude obtener conocimientos para la elaboración de este documento.



DEDICATORIAS

A mis padres

**Pedro Cornejo Jaimes e
Inocente Espinal Merlán**

Por darme la vida, por toda una vida de sacrificios, por educarme a mis hermanos y a mí, para ser unas personas de bien, porque no hay manera de pagarles todo lo que han hecho para darme la oportunidad de finalizar mi carrera profesional. A ustedes con todo mi corazón quiero decirles que los amo y por qué con nada les pago esta única y maravillosa herencia.

Mil gracias.

A mi hermano y colega

Javier

Por ser un ejemplo de carácter, profesionalismo y ética. Porque eres parte importante de este trabajo con tu aporte y apoyo, sobra decir que cuentas conmigo para todo.

A Yasmin el amor de mi vida

Mi flaquita

Porque me has hecho el hombre más feliz desde que te conocí, por tu apoyo a lo largo de prácticamente toda nuestra carrera, por esas palabras de ánimo y de confianza en los momentos difíciles, no me queda más que decirte gracias por todos estos años a tu lado mi vida TE AMO.

A mis hermanos

**Marisela, Mario, Irma, Norma, Omar, Sandra,
Mari, Beto**

Porque de cada uno de ustedes he aprendido tantas cosas, han sido un ejemplo a seguir, no tengo palabras para agradecer su apoyo y jalones de orejas soy muy afortunado de tenerlos a lo largo de toda mi vida.

Los quiero mucho y gracias

A mis sobrinitas María Itzel

Donde sea que estés, muchas gracias, por ti aprendí a ver la vida de una manera diferente y no temer a nada, te extraño con toda mi alma

Andrea Yarezi

Porque sigues en nuestros corazones, ya que al igual que tu hermana serias querida y amada por todos nosotros. Te quiero mucho.

Q.E.P.D.

A mis amigos

**Rosaura, Amado, Paquito, Antonio, Pablo,
Leonardo**

Por todos los momentos de festejos, tristezas, chistes, apodos, estrés, etc. Gracias por haber estado ahí y que en esta nueva etapa les deseo el mayor de los éxitos y como siempre ha sido espero verlos siempre.

A todos mis sobrinos

Porque confió en que sus vidas estarán llenas de triunfos y ya lo están demostrando, siempre podrán contar conmigo así como sus padres me apoyaron, yo estaré con ustedes para lo que sea, los quiero a cada uno de ustedes.



ÍNDICE

Índice de tablas	VIII
Índice de figuras	XI
OBJETIVO GENERAL	XII
OBJETIVOS PARTICULARES	XIII
ALCANCE	XIV
INTRODUCCIÓN.....	XVI
RESUMEN	XVII
DEFINICIONES, ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS	XVIII
Definiciones.....	XVIII
Acrónimos	XXII
MARCO Normativo	XXV
CAPÍTULO I.....	1
<i>DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN</i>.....	1
1.1 Descripción General de la Instalación.....	2
1.1.1 Función del Sistema.....	2
1.2 Ubicación y Descripción Entorno.	6
1.2.1 Ubicación.	6
1.2.2 Capacidad	7
1.2.3 Condiciones Climatológicas.....	8
CAPÍTULO II.....	9
<i>MARCO TEÓRICO</i>.....	9
2.1 Ciclo de Vida de Seguridad	10
2.2 Riesgo y Peligro	11
2.3 Riesgo e Integridad de Seguridad.....	11
2.4 Metodología Empleada.....	13
2.5 Análisis HazOp	17
2.6 Terminología Utilizada en el Estudio HazOp:.....	18
2.7 Jerarquización de Riesgos	20
2.8 Evaluación de Consecuencias	24
2.9 Consecuencias de Interés.	26
2.10 Estimación Cuantitativa con Daños al Humano.....	29
2.11 Análisis de Capas de Protección	30
2.12 Determinación de Capas Independientes de Seguridad	38



2.13	Desarrollo de la Determinación del SIL Requerido.....	41
	CAPÍTULO III.....	43
	ANALISIS HAZOP.....	43
3.1	análisis de peligros y Operabilidad “HazOp”.....	44
3.2	Aplicación de la Metodología de Identificación de Riesgos.....	45
3.3	Relación y Ponderación de Escenarios Identificados.....	46
	CAPÍTULO IV.....	63
	ANALISIS DE CONSECUENCIAS.....	63
4.1	Tipificación de Escenarios.....	64
4.2	Criterios utilizados para determinar diámetro de orificio, tiempos de fuga y estabilidad atmosférica, así como la descripción de los escenarios.....	66
4.3	Condiciones ambientales y tipo de área de localización de la instalación.....	69
4.4	Condiciones meteorológicas al momento de la fuga del material o sustancia peligrosa.....	69
4.5	Tipos de área de localización de la instalación.....	70
4.6	Diámetro equivalente de fuga (DEF).....	70
4.7	Inventario de Fuga.....	72
4.8	Dispersión de Nube Tóxica / Inflamable.....	75
4.9	Flamazo (Flash Fire).....	76
4.10	Explosión de nube de gas no confinada (UVCE) y confinada (VCE).....	77
4.11	Dardo de Fuego (Jet Fire).....	78
4.12	Potencia de Emisión de la Radiación Térmica.....	80
4.13	Explosión de nube de vapor.....	81
4.14	Método Multi energía.....	83
4.15	Criterios para Seleccionar el Nivel de Explosión Apropriado.....	83
4.16	Resistencia no Confinada.....	85
4.17	Fuentes Confinados por Onda Expansiva.....	85
4.18	Fuerza de Confinamiento.....	85
4.19	Resultados de la Evaluación de Consecuencias.....	88
4.20	Recomendaciones para los Riesgos Analizados, Evaluados y Jerarquizados de Acuerdo a la Matriz de Riesgos.....	122
	CAPÍTULO V.....	125
	ANALISIS LOPA.....	125



5.1 Criterios para determinar la necesidad de un Sistema Instrumentado de Seguridad (SIS).	126
5.2 Selección del Nivel de Integridad de Seguridad (NIS) Objetivo.	128
5.3 Especificación de los Requerimientos de Seguridad del SIS.	129
5.4 Descripción del evento.	131
5.5 Nivel de severidad.	132
5.6 Frecuencia objetivo (Criterio de tolerancia al Riesgo)	137
5.7 Niveles de Protección Independientes y Probabilidad de Falla sobre Demanda.	139
CAPÍTULO VI	152
<i>RESULTADOS DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD (NIS)</i>	152
CAPÍTULO VII	155
<i>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</i>	155
Bibliografía	158



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.2.1-1	Coordenadas de la Instalación.....	6
Tabla. 2.5-1	Palabras guía del análisis HazOp:	18
Tabla 2.7-1	Clasificación por categorías de frecuencias.....	21
Tabla 2.7-2	Clasificación por categorías de consecuencias.....	22
Tabla2.7-3	Índices de riesgo.	24
Tabla 2.13-1	clasificación de la reducción. Índice de SIL.....	41
Tabla 3.2-1	Nodos Analizados para la Metodología HazOp.....	45
Tabla 3.3 -1.	Ponderación de los Riesgos Identificados Mediante la Metodología HazOp.	47
Tabla 3.3-2	Ponderación de los Riesgos Identificados Mediante la Metodología HazOp.	51
Tabla 3.3-3	Ponderación de los Riesgos Identificados Mediante la Metodología HazOp.	55
Tabla 3.3-4	Ponderación de los Riesgos Identificados Mediante la Metodología HazOp	58
Tabla 3.3-5	Ponderación de los Riesgos Identificados Mediante la Metodología HazOp	61
Tabla 4.1-1	Tipificación de Escenarios Identificados.	65
Tabla 4.2-1	Criterios para Asignar diámetros de orificio.....	67
Tabla 4.2-2	Criterios para Asignar Tiempos de Fuga	68
Tabla 4.3-1	Criterios ambientales para simular los eventos de fuga	69
Tabla 4.4-1	Criterios para Simular los Eventos de Fuga	69
Tabla 4.5-1	Criterios de localización de los eventos	70
Tabla 4.6-1	Criterios para Asignar el diámetro de fuga	71
Tabla 4.6-2.	Diámetros de Orificio Resultantes.....	72
Tabla 4.7-1	Composición de Crudo	73
Tabla 4.7-2	Composición de Gas.....	74
Tabla 4.7-3	Zonas de riesgo por toxicidad, inflamabilidad y explosividad	75
Tabla 4.8-1	Efectos de Emisiones Tóxicas	75
Tabla 4.9-1	Efectos presentados a diferentes niveles de radiación térmica.	76
Tabla 4.9-2	Efectos del Flash Fire	77
Tabla 4.10-1	Efectos Derivados de la Sobrepresión.....	77
Tabla 4.18-1	Escenarios Seleccionados y Condiciones Alimentadas al Simulador. ...	86



Tabla 4.20-1 Resultados de Consecuencias Nube Tóxica, Escenario EI.01	89
Tabla 4.20-2 Resultados de Consecuencias de Incendio de Dardo de Fuego, Escenario EI.01	90
Tabla 4.20-3 Resultados de Consecuencias de Nube Explosiva EI.01.....	91
Tabla 4.20-4 Resultados de Consecuencias Nube Tóxica, Escenario EI.02	94
Tabla 4.20-5 Resultados de Consecuencias de Incendio de Dardo de Fuego, Escenario EI.02	95
Tabla 4.20-6 Resultados de Consecuencias de Nube Explosiva EI.02.....	96
Tabla 4.20-7 Resultados de Consecuencias Nube Tóxica, Escenario EI.03	99
Tabla 4.20-8 Resultados de Consecuencias de Incendio de Dardo de Fuego, Escenario EI.03	100
Tabla 4.20-9 Resultados de Consecuencias de Nube Explosiva EI.03.....	101
Tabla 4.20-10 Resultados de Consecuencias Nube Tóxica, Escenario EI.04	104
Tabla 4.20-11 Resultados de Consecuencias de Incendio de Dardo de Fuego, Escenario EI.04	105
Tabla 4.20-12 Resultados de Consecuencias de Nube Explosiva EI.04.....	106
Tabla 4.20-13 Resultados de Consecuencias Nube Tóxica, Escenario EI.05	109
Tabla 4.20-14 Resultados de Consecuencias de Incendio de Dardo de Fuego, Escenario EI.05	110
Tabla 4.20-21 Resultados de Consecuencias Nube Tóxica, Escenario EI.06	113
Tabla 4.20-21 Resultados de Consecuencias de Incendio de Dardo de Fuego, Escenario EI.06	114
Tabla 4.20-22 Resultados de Consecuencias de Nube Explosiva EI.06.....	115
Tabla 4.20-23 Resultados de Consecuencias Nube Tóxica, Escenario EI.07	118
Tabla 4.20-24 Resultados de Consecuencias de Incendio de Dardo de Fuego, Escenario EI.07	119
Tabla 4.20-25 Resultados de Consecuencias de Nube Explosiva EI.07.....	120
Tabla 4.21-1 Recomendaciones Surgidas de la metodología HazOp.....	123
Tabla 5.1-1 Criterios de Riesgo Individual (STD)	127
Tabla 5.1-2 Severidad del Riesgo y frecuencia objetivo.....	128
Tabla 5.4-1 Descripción del evento	132
Tabla 5.5-1 Probabilidad de iniciación.....	134
Tabla 5.5-2 Nivel de gravedad de los eventos de impacto.....	134
Tabla 5.5-3 Escenario identificado y nivel de consecuencia	136
Tabla 5.6-1 Escenario identificado y nivel de consecuencia	137



Tabla 5.7-1 Probabilidades de Falla en Demanda Típicas para IPL's.....	140
Tabla 5.7-2 E. 01 LOPA.....	145
Tabla 5.7-3 E. 02 LOPA.....	146
Tabla 5.7-4 E. 03 LOPA.....	147
Tabla 5.7-5 E. 04 LOPA.....	148
Tabla 5.7-6 E. 05 LOPA.....	149
Tabla 5.7-7 E. 06 LOPA.....	150
Tabla 5.7-8 E. 07 LOPA.....	151
Tabla 6-1 NIS requerido y factor de reducción de riesgo por escenario evaluado	154
para el proyecto de ampliación de la Plataforma de producción San Pedro 1 (SP1)	154
Tabla 7-1 Recomendaciones del Estudio de seguridad SIL.....	157



ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.3-1 Crecimiento de los Riesgos individuales	13
Fig. 1.4-1 Ciclo de vida de seguridad del SIS	14
Fig. 1.4-2 Ciclo de vida de seguridad de SIS Fase análisis	15
Fig. 1.7-1 Matriz de Jerarquización de Riesgos.....	23
Fig. 1.9-1 Descripción de un escenario de Perdida de Contencion.....	27
Fig.1.11.5-1 Esquema de capas de proteccion.....	37
Figura 4.11-1 Modelo de Incendio Tipo Jet.....	79



OBJETIVO GENERAL

Evaluar la plataforma San Pedro 1 en materia de riesgo, realizando una evaluación cuantitativa de los eventos de pérdida de contención identificados mediante la aplicación de la metodología HAZOP identificado aquellas situaciones que se encuentren fuera del nivel de riesgo tolerable de acuerdo a los resultados de la matriz de ponderación de riesgo obtenida en el Estudio de Riesgo y en particular del HAZOP. Una vez identificados los riesgos intolerables y en la Región ALARP, establecer las capas de protección no SIS evaluando el nivel de riesgo resultante para determinar si el nivel de riesgo Tolerable es alcanzado.

En caso de que el nivel de riesgo tolerable no se alcance, será necesario Determinar el Nivel de Integridad de Seguridad (NIS, por sus siglas en ingles SIL) requerido de cada una de las Funciones Instrumentadas de Seguridad (FIS) requeridas a raíz del estudio HAZOP, para cumplir con los niveles de riesgo tolerable de la instalación.



OBJETIVOS PARTICULARES

- Analizar la ingeniería básica y de detalle de la plataforma de producción San Pedro 1 (SP1).
- Realizar la aplicación de la metodología de identificación de peligros (HAZOP) para estimar los escenarios de Riesgo No tolerables y a partir de estos identificar los escenarios a estudiar.
- En base a los resultados identificados como no tolerables con la metodología HAZOP, realizar un estudio de evaluación de consecuencias a través del software Phast 7.11 para estimar la severidad de estos escenarios.
- Identificar las Capas de protección con las que cuenta la instalación y aplicar la técnica LOPA "Análisis de las capas de protección" para determinar el FRR del evento no mitigado.
- Determinar el Nivel de Integridad de Seguridad (NIS, por sus siglas en ingles SIL) requerido de cada una de las Funciones Instrumentadas de Seguridad (FIS) para la Plataforma de Producción San Pedro 1 para cumplir con los niveles de riesgo tolerable o de aceptabilidad del riesgo de dicha instalación.



ALCANCE

El alcance de este documento abarca la determinación del requerimiento de Funciones Instrumentadas de Seguridad y la valoración del Nivel de Integridad de Seguridad (NIS) Requerido, con el objeto de determinar la necesidad de implementar un Sistema Instrumentado de Seguridad en el Sistema de Producción San Pedro 1, con lo que se podrán establecer las capas de protección necesarias para lograr minimizar la frecuencia de ocurrencia o las posibles consecuencias de eventos indeseados que pongan en riesgo la integridad física del personal, la instalación y el medio ambiente; de acuerdo a lo fundamentado en la norma IEC 61511 “Functional safety – Safety instrumented systems for the process industry sector” y en la norma ISA S-84.01-2003. Application of Safety Instrumented Systems for the Process Industries.

Para poder determinar el Nivel de Integridad de Seguridad (NIS), el alcance del presente estudio involucra las siguientes actividades:

- Evaluar las instalaciones en materia de riesgo para determinar aquellas situaciones que se encuentren fuera del nivel del riesgo tolerable de acuerdo a los resultados obtenidos en la identificación y ponderación del riesgo con la metodología denominada (HazOp) ya que esta técnica será el estudio base para las posteriores etapas en la determinación del NIS.
- Seleccionar los escenarios clasificados como riesgo no tolerable para los cuales se realizará una evaluación de consecuencias a fin de determinar las áreas potenciales de afectación por radiación térmica y onda de sobrepresión, mediante el software PHAST 7.11; este resultado será considerado para el análisis de capas de protección y definir en su caso la severidad del evento a ser estudiado.
- Identificar las capas independientes de protección considerando los cuatro parámetros que la definen (Independencia, Especificidad, Efectividad y Auditabilidad).



- Realizar el listado de Funciones Instrumentadas de Seguridad indicando su nivel de integridad y seguridad. Estimar las frecuencias de los eventos iniciadores considerando la referencia bibliográfica.

- Estimar la probabilidad de falla en demanda (PFD) de las capas independientes de protección identificadas.

- Determinar el valor del Factor de Reducción de Riesgo requerida en función de los escenarios identificados.



INTRODUCCIÓN.

En la mayoría de los procesos industriales, las capas de protección juegan un papel importante para la reducción de riesgo. En caso de ser requerido, esto se puede combinar con un sistema de protección para tratar cualquier riesgo residual identificado, tal es el caso de los Sistemas Instrumentados de Seguridad (SIS). Los SIS son muy importantes en la administración de riesgos en los procesos industriales debido a que cumplen una función primordial disminuyendo la probabilidad de los eventos de riesgo o minimizando la severidad al personal, al medio ambiente y a las instalaciones. Los riesgos se deben prevenir como un objetivo inicial desde el inicio del ciclo de vida de seguridad funcional y deben ser reducidos a un nivel tolerable aceptable.

Este documento tomó como punto de partida la filosofía de operación, ingeniería básica y de detalle de la plataforma San Pedro 1, ubicada en San Pedro Perú, con lo que se busca analizarla en materia de riesgo, tomando como referencia las normas vigentes, guías y procedimientos de PEMEX, ya que es la normativa que aplica a la mayoría de las instalaciones similares dentro de México y es donde se realiza este documento, así como normas internacionales para sistemas instrumentados de seguridad, como lo es ISA-84 y la IEC-61511.

La plataforma de producción San Pedro 1, ubicada en San Pedro Perú, cuenta actualmente con 12 pozos de producción denominados: 1X, 2D, 3CD, 4D, 5XD, 6D, 7D, 8D, 9D, 10D, 11D y 12D en operación, asimismo se realiza la separación primaria, almacenamiento, transferencia de petróleo crudo, compresión de gas natural y sistema de tratamiento de agua producida se realiza en ésta plataforma, dentro de la cual el pozo 2D se opera como pozo inyector de gas, para la estimulación de los pozos. El sistema de re-inyección de gas se efectúa con el gas comprimido proveniente de plataforma denominada SP1A. Adicionalmente el sistema incluye el envío y recepción de gas excedente de la plataforma SP1 a SP1A donde se comprime el gas a alta presión (4000 psig) para luego retornarlo a la plataforma SP1 para su disposición final mediante re-inyección en el pozo 2D.

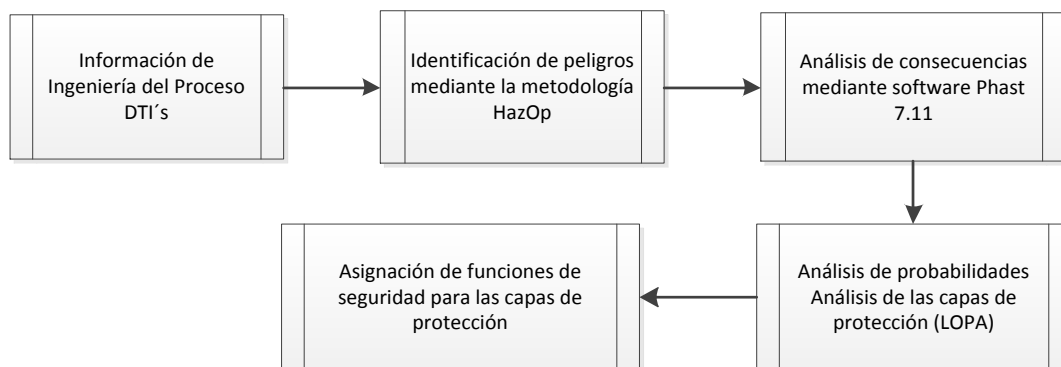


RESUMEN

El presente trabajo se determinó el Nivel de Integridad de Seguridad “NIS” Requerido para las funciones instrumentadas de seguridad, en caso que sean requeridas para la instalación en estudio que está comprendido en VI capítulos, donde se desarrolla solo la primera fase de del ciclo de vida de seguridad y determinar si se requiere de un SIS. El documento contempla desde un estudio de análisis de peligros como también de una evaluación cuantitativa de los eventos de pérdida de contención o eventos que afecten de manera significativa a la producción, a la instalación y al ambiente, los cuales fueron identificados mediante la aplicación de la metodología (HAZOP), identificado aquellas situaciones que se encuentren fuera del nivel de riesgo tolerable de acuerdo a los resultados de la matriz de ponderación de riesgo utilizada en el presente trabajo.

Dichos eventos que presentasen consecuencias graves según el análisis cuantitativo, se tomaron como base, para el análisis de las capas de protección (LOPA), evaluando el nivel de riesgo resultante para determinar si el nivel de riesgo Tolerable es alcanzado. En caso de que el nivel de riesgo tolerable no se alcance, será necesario el llevar a cabo la asignación de Funciones Instrumentadas de Seguridad a las capas de protección y para cada Función Instrumentada de Seguridad asignar el Nivel de Integridad de Seguridad (SIL, por sus siglas en ingles), para cumplir con los niveles de riesgo tolerable de la instalación en proyecto.

El proceso para la determinación del SIL aplicando la técnica de LOPA, requiere varias fases que han sido desarrolladas en este trabajo y se muestra en la siguiente figura, donde solo comprende la primera fase del ciclo de vida de seguridad:





DEFINICIONES, ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

Definiciones

Acción:

Asignación para ejecutar una tarea o series de tareas para resolver una causa identificada en la investigación de una falla.

Análisis de Riesgos:

Conjunto de técnicas que consisten en la identificación, análisis y evaluación sistemática de la probabilidad de la ocurrencia de daños asociados a los factores externos (fenómenos naturales, sociales), fallas en los sistemas de control, los sistemas mecánicos, factores humanos y fallas en los sistemas de administración; con la finalidad de controlar y/o minimizar las consecuencias a los empleados, a la población, al ambiente, a la producción y/o a las instalaciones.

Árbol de Eventos:

Modelo gráfico lógico que identifica y cuantifica las posibles salidas de un evento iniciador.

Árbol de Fallas:

Representación gráfica, lógica y organizada de las condiciones o factores que causan o contribuyen a que ocurra un evento no deseado definido.

Capa de Protección Independiente (IPL):

Una capa de protección independiente es un dispositivo, sistema o acción que es capaz de prevenir un escenario desde su ocurrencia hasta su consecuencia no deseada independientemente del evento iniciador o la acción de cualquier otra capa de protección asociada con el escenario. La efectividad e independencia de una IPL debe ser auditable.



Confiabilidad:

Habilidad de un dispositivo para desempeñar una función requerida bajo condiciones dadas para un intervalo de tiempo establecido.

Consecuencia:

Resultado real o potencial de un evento no deseado, medido por sus efectos en las personas, en el ambiente, en la producción y/o instalaciones, así como la reputación e imagen.

Escenario de riesgo:

Determinación de un evento hipotético, en el cual se considera la ocurrencia de un accidente bajo condiciones específicas, definiendo mediante la aplicación de modelos matemáticos y criterios acordes a las características de los procesos y/o materiales, las zonas potencialmente afectables.

Evento

Suceso relacionado a las acciones del ser humano, al desempeño del equipo o con sucesos externos al sistema que pueden causar interrupciones y/o problemas en el sistema. En este documento, evento es causa o contribuyente de un incidente o accidente o, es también una respuesta a la ocurrencia de un evento iniciador.

Evento Habilitador:

Un evento que hace posible otro evento.

Eventos Iniciadores:

El evento que inicializa el escenario que lleva a la consecuencia no deseada.

Falla:

Terminación de la habilidad de un dispositivo para desempeñar una función requerida.



Flash Fire:

La combustión de una mezcla aire-vapor inflamable en la cual la flama pasa a través de la mezcla a una velocidad menor que la del sonido, de tal forma que el daño por sobrepresión generada es despreciable.

Frecuencia:

Número de ocurrencias de un evento por unidad de tiempo.

Función Instrumentada de Seguridad (FIS):

Capa de protección instrumentada independiente, cuyo propósito es llevar al proceso a un estado seguro cuando se violan condiciones predeterminadas.

Hipótesis:

Lista de posibles mecanismos de falla de cada modo de falla. Al ser verificada una hipótesis, ésta se convierte en una causa.

Ingeniería de Confiabilidad:

Rama de la Ingeniería que estudia las características físicas y aleatorias del fenómeno “falla”.

Inspección:

Pruebas u observaciones de un ítem para determinar su condición o estatus.

Jet fire:

Tipo de fuego proveniente de fuegos asociados a la liberación de líquido y/o gas a presión.

Lifting:

Movimiento del disco desde la posición de cierre cuando la válvula de seguridad (PSV) está relevando.



Mitigación:

El acto de afectar a una consecuencia para que sea menos severa.

Nivel de Integridad de Seguridad (NIS, SIL):

Nivel discreto para la especificación de los requerimientos de integridad de las funciones de seguridad a ser asignadas a sistemas instrumentados de seguridad. Cada nivel discreto se refiere a cierta probabilidad de que un sistema referido a seguridad realice satisfactoriamente las funciones de seguridad requeridas bajo todas las condiciones establecidas en un periodo de tiempo dado.

Probabilidad:

La probabilidad es expresada como un número adimensional entre 0 y 1. Es la expresión para la posibilidad de ocurrencia de un evento, o una secuencia de eventos durante un intervalo de tiempo, o la posibilidad de éxito o falla de un evento durante una prueba o una demanda.

Probabilidad de Falla en Demanda (PFD):

Un valor que indica la probabilidad de que una capa de protección falle para responder a una demanda.

Proceso:

Conjunto interrelacionado de recursos y actividades que transforman elementos de entrada en productos finales agregándoles valor.

Riesgo:

Combinación de la probabilidad de un evento y la consecuencia del evento.

Salvaguarda:

Un dispositivo, sistema o acción que probablemente interrumpa la cadena de eventos que siguen de un evento iniciador o que puede mitigar las consecuencias.

Nota: Una salvaguarda puede no cumplir con los requerimientos de un IPL.



Sistema Instrumentado de Seguridad (SIS Safety Instrumented Systems):

Es un sistema compuesto por sensores, procesadores lógicos y elementos finales de control que tiene el propósito de llevar al proceso a un estado seguro cuando se han violado condiciones predeterminadas. Otros términos comúnmente usados son Sistema de Paro de Emergencia SPE (ESD) y Sistema de Paro de Seguridad.

Sistemas de Seguridad:

Es todo aquel sistema que implanta las funciones de seguridad necesarias para mantener un estado seguro en el equipo bajo control.

Tasa de Fallas:

Tasa promedio a la cual un componente podría esperarse que falle.

Valoración de Riesgos:

Proceso por el cual los resultados de un análisis de riesgo son usados para tomar decisiones, ya sea mediante jerarquización relativa de estrategias de reducción de riesgos o mediante la comparación con riesgos objetivo.

Verificación:

Confirmación por medio de revisión y suministro de evidencia objetiva del cumplimiento total de los requerimientos.

Acrónimos

ANSI

Instituto de Estándares Nacionales Americanos (American National Standards Institute)

AICHE

American Institute of Chemical Engineers (Instituto Americano de Ingenieros Químicos)

CCPS

Center for Chemical Process Safety (Centro para la Seguridad de Procesos Químicos)



DCO

Dirección Corporativa de Operaciones

DFP

Diagrama de Flujo de Proceso

DTI

Diagrama de Tubería e Instrumentación

FIS

Función Instrumentada de Seguridad

FRR

Factor de reducción de riesgo.

IEC

International Electrotechnical Commission (Comisión Internacional Electrotécnica)

IPL

Independent Protection Layer (Capas de Protección Independientes)

ISA

Instrument Society of America (Sociedad de Instrumentación de América)

LOPA

Layer of Protection Analysis (Análisis de Capas de Protección)

MAWP

Maximum Allowable Working Pressure (Presión de Trabajo Máxima Permissible)

MAOP:

Maximum Allowable Operation Pressure (Presión de Operación Máxima Permissible)

MTTR

Tiempo medio para fallo (Mean Time to Repair).

NIS

Nivel de Integridad de Seguridad

NOM

Norma Oficial Mexicana



PFD

Probability of Failure on Demand (Probabilidad de Falla en Demanda)

PSV

Pressure Safety Valve (Válvula de Seguridad de Presión)

SCBP

Basic Process Control System (Sistema Básico de Control de Procesos)

SCO

Sistema de Confiabilidad Operacional

SIL

Safety Integrity Level

SIS

Sistema Instrumentado de Seguridad



MARCO NORMATIVO

La elaboración del presente documento para la determinación del Nivel de Integridad de Seguridad (NIS), se basó en estándares internacionales y las siguientes normas de referencia técnicas:

- IEC 61508, 2000 Functional Safety of Electric/Electronic/Programmable Electronic Safety Related Systems, International Electrotechnical Commission, 2000.
- IEC 61511-1. Functional safety - Safety instrumented systems for the Process Sector, International Electrotechnical Commission, 2003.
- IEC 61511-3: Functional safety - Safety instrumented systems for the process industry sector – Guidance for the determination of the required safety integrity levels.
- ISA S-84.01-2003. Application of Safety Instrumented Systems for the Process Industries.
- NRF-045-PEMEX-2010, “Seguridad Funcional –Sistemas Instrumentados de Seguridad para los Procesos del Sector Industrial”.



Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la
Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)



CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN



1.1 Descripción General de la Instalación

1.1.1 Función del Sistema.

Pozos De Producción

La Plataforma SP1 produce mediante los pozos 1X, 3CD, 4D, 5XD, 6D, 7D, 8D, 9D, 10D, 11D y 12D, los cuales son convertidos para aumentar la producción mediante el sistema de gas lift.

Este método de producción, está asistido por la separación primaria de gas, llevada a cabo en los separadores bifásicos que se cuentan, y el aporte de un compresor que suministrará el gas natural de alta presión.

Manifold De Producción

El fluido proveniente de los pozos, gas, crudo y agua, ingresa a un múltiple de producción incluido en el patín de los separadores primarios, el cual tiene capacidad de recepción de hasta 15 pozos.

La mezcla gas / líquidos se podrá derivar mediante juego de válvulas a los separadores de pruebas o al separador de totales.

Separación Primaria

El skid de producción cuenta con tres separadores verticales bifásicos cada uno de 36" O.D. x 7' 6" Altura x 125 Psig (dos separadores de prueba y un separador de totales). En este patín se medirán los fluidos que serán enviados posteriormente al wash tank o tanque lavador.

La máxima producción diaria de los pozos será de 3353 BPSD de crudo; 1000 BPSD de agua y 5.78 MMSCFD de gas natural.

El gas húmedo obtenido de los separadores, previa separación de condensados, será conducido hacia un compresor de gas para su utilización en el sistema gas lift para los pozos de producción y servicios auxiliares.



Sistema De Compresión y Gas Lift

La Plataforma cuenta con un compresor de alta presión, de tres etapas que comprimirá el gas producido de 20 psig a 1000 psig.

Parte del gas comprimido se utilizará en la plataforma SP1 para generación eléctrica e instrumentación (0.5 MMSCFD) y como Gas Lift en los pozos de producción. (2.2 MMSCFD). Los 3.1 MMSCFD de gas restantes serán enviados al sistema de compresión en la Plataforma SP1A mediante línea submarina de 3 ½" de 1.9 Km. de longitud.

Antes de su envío, una válvula reductora de presión mantendrá la presión aguas abajo del compresor en 623 psig.

El gas será enviado a los pozos a través de un múltiple de distribución Clase 600. Las facilidades para la instalación del compresor, incluyen además la interconexión a los sistemas de gas de arranque, gas combustible, aceite al compresor, aceite al motor, agua, venteos y drenajes.

Sistema De Recepción y Transferencia De Crudo De SP1

El crudo más agua obtenido de los separadores será descargado, con la presión de éstos (20 psig) hacia el wash tank, donde por decantación se separará del agua.

Por rebose, el crudo será conducido al tanque trapezoidal (500 Bbls. de capacidad), luego mediante dos bombas centrífugas instaladas al pie del tanque se transferirá el crudo a la Barcaza Energy (9501) a través de una tubería de 6 5/8"O.D.

El tanque trapezoidal, cuenta con un control de alto nivel y uno de bajo nivel; además de 02 visores magnéticos con transmisores de señales electrónicas.

Sistema De Venteo De Gas Excedente

El gas excedente durante periodos de mantenimiento de los compresores y el gas de las líneas de venteo de las válvulas de seguridad, será venteado en un "stack" que estará



colocado al final de una estructura, aproximadamente a unos 30 pies de la parte más alta de la plataforma.

Todas las descargas de las válvulas de alivio pasarán por un Limpiador Atmosférico de Gas Vertical, antes de ser enviados a la tubería de venteo o “stack”, para la recuperación de líquidos que se pudieran generar durante Operación continua.

Sistema De Líneas Submarinas

Se cuenta con una línea submarina de 3 ½” O.D. que recorre 19 Km. desde la Plataforma SP1 hasta la Plataforma SP1-A transportando gas a mediana presión (623 psig), otra línea, de 4 ½” Ø. retornará el gas del compresor de inyección en la Plataforma SP1-A al múltiple de inyección en la Plataforma SP1 para la inyección de gas al pozo 2D.

Ambas líneas cuentan con trampas lanzadoras y receptoras de raspatabos para permitir su mantenimiento y sistemas de corte por emergencia.

Sistema De Drenaje

Los líquidos de drenaje de los separadores, scrubbers, y recipientes a presión son enviados al múltiple de producción y los drenajes, por gravedad, de los compresores, bombas y tanques se enviarán a un tanque horizontal colector de líquidos y de allí al múltiple de producción, mediante una bomba neumática. Finalmente, estos líquidos atravesarán todo el proceso productivo.

Sistema De Tratamiento De Agua Producida

El volumen de agua producida, en su totalidad, será tratada física y químicamente y alcanzados los límites de calidad exigidos será descargada al mar.

El proceso físico, de decantación y sedimentación, consiste en circular e agua inicialmente por el wash tank (750 Bbls.); luego el skim tank (500 Bbls.) y finalmente a una tina (130 Bbls.) de decantación de sólidos.



Durante este recorrido se inyectarán productos químicos como rompedores de emulsión, clarificadores, ácido sulfúrico y soda cáustica.

Un sistema de monitoreo para controlar la calidad del agua que se descargará al mar completan este proceso.

El wash tank conducirá los fluidos hacia el tanque trapezoidal, en caso halla un rebose y también una alarma audible en caso halla un alto nivel de líquido.

El skim tank dispondrá de una alarma audible, en caso halla un alto nivel de líquido en el tanque. Este tanque ha sido hidrostáticamente probado en el taller de construcción, en tierra.

Manifold y Pozo De Inyección De Gas

Se instalará un múltiple para Gas de Inyección procedente de la Plataforma SP1-A a una presión de 3,475.0 psig hacia el pozo 2D y reserva para interconexión futura a un segundo pozo.

Sistema De Gas De Inyección

Se instalará un nuevo compresor de alta presión en Plataforma SP1A, Dresser-Rand 6-HOS-2 WAUKESHA MODEL P-9390GSI, de 2 etapas y 4000 psig de presión máxima de descarga necesaria para la re-inyección de gas en el pozo 2D ubicado en Plataforma SP1.

Sistema De control y Seguridad

El Sistema de Control para las plataformas OffShore SP-1 y SP-1^a está conformado por un controlador Delta V y una RTU (Remote Terminal Unit) instalado en gabinetes Nema 4X y ubicados en cada plataforma. En la plataforma SP-1 adicionalmente cuenta con una estación de trabajo conformada por una PC y un monitor en la que se deberán configurar las pantallas para mostrar las variables de proceso de las dos estaciones además de señales de alarma y emergencia.



1.2 UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN ENTORNO.

1.2.1 Ubicación.

La Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1) está ubicada en aguas territoriales del Océano Pacífico, Cerca de las plataformas de Producción SP1A SP2 y SP3.

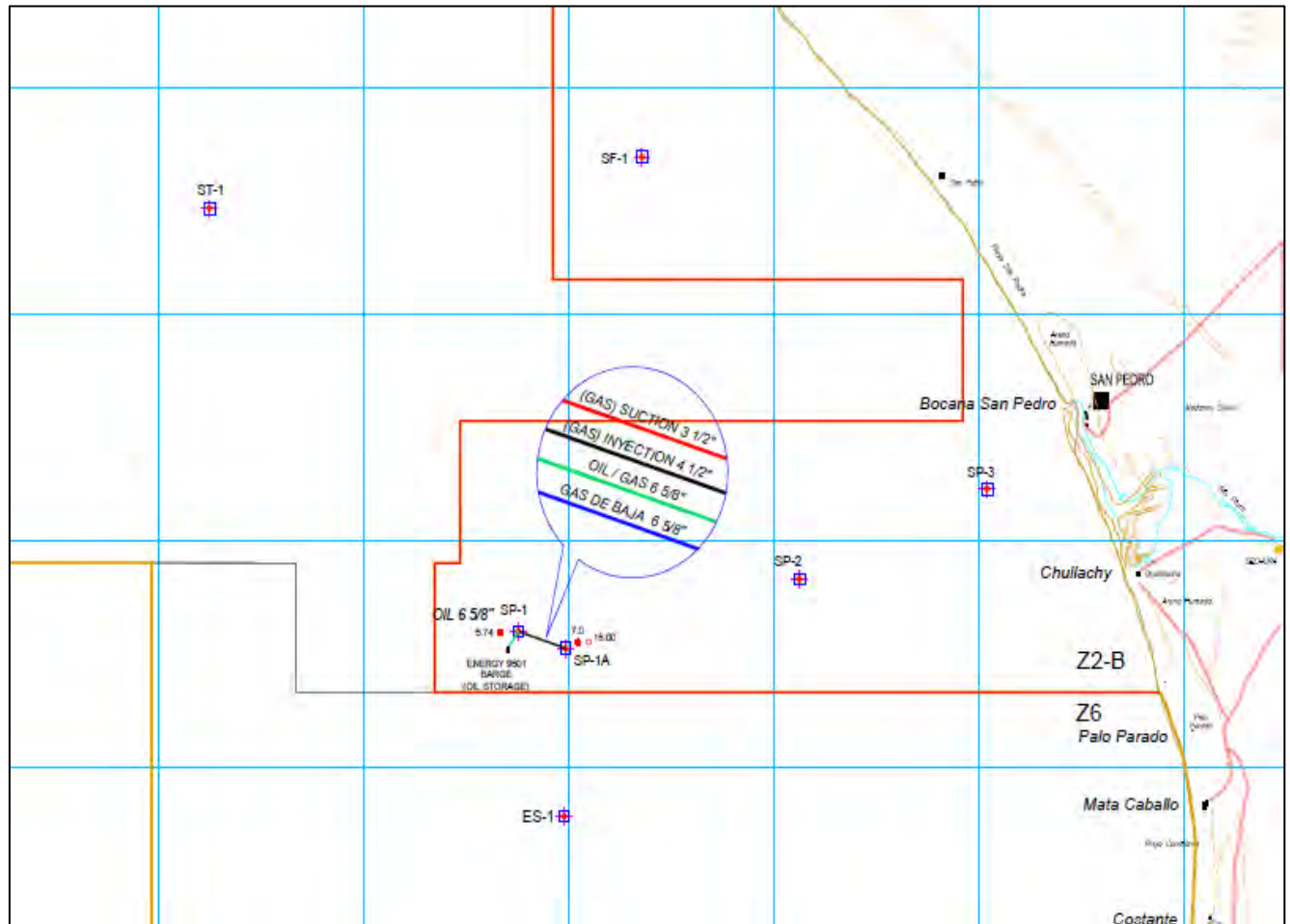


Tabla 1.2.1-1 Coordenadas de la Instalación

PLATAFORMA	COORDENADAS UTM DE PLATAFORMA	
San Pedro 1 (SP1)	N= 9,382,816.13	E= 480,0.38.27



1.2.2 Capacidad

Separación Primaria

La máxima producción diaria de los pozos será de 3353 BPSD de crudo; 1000 BPSD de agua y 5.78 MMSCFD de gas natural.

Flexibilidad

A falla de aire de instrumentos, gas combustible y energía eléctrica, la plataforma no Operará.

Factor de Servicio

El factor de servicio para la plataforma será de 1.0, la plataforma está diseñada para operar las 24 horas los 365 días del año.

Servicios Auxiliares

Aire Comprimido. Se dispondrá de un equipo de compresión de aire, para alimentar el sistema de instrumentación y bombas neumáticas de inyección de químicas. El compresor tendrá una capacidad de presión de 100 psig.

Grupos de Generación Eléctrica. Dos generadores de 100 Kw. y 80 Kw. suministrarán energía requerida para mantener en Operación todo el sistema.

Paneles Solares alimentarán con energía las luces de navegación y señalización.

Tanques de Lubricantes y Diésel para alimentar los motores de las bombas de transferencia y motor de la unidad compresora de gas natural.

Sistema De Protección Contra Incendio, utiliza el agua de mar mediante una bomba vertical sumergida; la cual descarga a 100 psig. Esta bomba vertical es eléctrica y se mantiene operativa las 24 horas, el Sistema de Contra Incendio, también dispone de extintores portátiles y extintores rodantes; los cuales se encuentran ubicados en puntos estratégicos en los diferentes niveles de la plataforma.



1.2.3 Condiciones Climatológicas

La elevación del terreno es de 0 msnm. Las condiciones del sitio fueron tomadas de datos meteorológicos promedio anual de estaciones de monitoreo de Servicio Nacional e Hidrología del Perú (SENAMHI) en Piura.

- Humedad Máxima: 98%
- Precipitación Promedio anual registrada: 0,5 inch/año
- Precipitación Máximo anual registrada: 20.3 inch/año (1998 estación de Talara – durante fenómeno del niño)
- Temperatura Máxima: 104 °F
- Temperatura Mínima: 45 °F



Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la
Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)



CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO



2.1 Ciclo de Vida de Seguridad

El ciclo de vida de seguridad, son aquellas actividades necesarias para la realización de la(s) función(es) instrumentada(s) de seguridad que se desarrollan a lo largo de un periodo de tiempo, que comienza en la fase de diseño de un proyecto y termina cuando todas las funciones instrumentadas de seguridad ya no se encuentran disponibles para su utilización.

La primera etapa del ciclo de vida de seguridad que integrará el presente trabajo, será un Análisis de peligros que nos permitirá identificar y valorar los escenarios que representan un peligro para la Instalación.

Primero se llevará a cabo una estimación de probabilidad de ocurrencia del evento, analizando las posibles causas de la pérdida del control de los peligros y se determina su frecuencia de ocurrencia, su duración y su naturaleza (cantidad, composición, características de liberación/uso, etc.).

Posteriormente se analizarán las consecuencias de perder el control de un escenario no deseado. Este análisis de consecuencias implica estimar la severidad de las consecuencias asociadas al peligro. El análisis también puede requerir la estimación de la probabilidad de que el peligro cause la(s) consecuencia(s) y por lo tanto puede involucrar el análisis de la secuencia de eventos mediante el cual el peligro puede resultar en esa consecuencia. Este análisis de consecuencias implica estimar la severidad de las consecuencias asociadas con el peligro mediante el software PHAS 7.11.

Por último, la siguiente etapa del proyecto es la determinación del NIS requerido para cada una de las funciones instrumentadas de seguridad (FIS) requeridas mediante la aplicación de la técnica LOPA.



2.2 Riesgo y Peligro

Los accidentes siempre implican alguna pérdida ya sea económica, productiva, a la instalación u personal, por eso el objetivo fundamental debe ser la prevención. Prevenir es anticiparse a los hechos antes de que éstos ocurran y tomar precauciones para evitar situaciones no deseadas. Existen métodos y estrategias adecuadas para actuar en forma eficaz y reducir los niveles de riesgo. Debemos tener presente que un accidente no es sólo producto del descuido del trabajador. Cuando una empresa lleva adelante planes de seguridad que involucran a toda la organización, es posible prevenir la ocurrencia de accidentes.

Para que exista un riesgo deben existir el peligro y la exposición a ese peligro al mismo tiempo. Por lo tanto, tenemos que:

- Un peligro existe en el caso en que un objeto (o sustancia) o situación tenga una capacidad inherente de provocar un efecto adverso.
- El riesgo, por otro lado, es la probabilidad de que se produzcan dichos efectos: el riesgo puede ser alto o insignificante.

Los riesgos nos rodean constantemente en nuestra vida cotidiana. Del mismo modo, todos realizamos evaluaciones de riesgo constantemente, de una forma u otra, ya sea a nivel consciente o inconsciente.

2.3 Riesgo e Integridad de Seguridad

La reducción necesaria del riesgo (que se puede establecer bien en forma cualitativa o cuantitativa) es la reducción de riesgo que tiene que lograrse para satisfacer el riesgo tolerable (nivel de seguridad objetivo del proceso) para una situación específica.

El concepto de reducción de riesgo necesaria es de importancia fundamental en el desarrollo de la especificación de los requisitos de seguridad para la función instrumentada de seguridad (SIF) (en particular, la parte de los requisitos de integridad



de seguridad de la especificación de los requisitos de seguridad). La finalidad de determinar el riesgo tolerable (especificación de los requisitos de seguridad del proceso) para un evento peligroso específico es establecer lo que se juzga razonable con respecto tanto a la frecuencia del evento peligroso como a sus consecuencias específicas.

Los factores importantes para la evaluación del riesgo tolerable incluyen la percepción y visión de las personas expuestas al evento peligroso. Para llegar a lo que constituye un riesgo tolerable para una aplicación específica, se puede considerar un número de datos de entrada. Éstos pueden incluir:

- Las directrices de las autoridades reguladoras competentes
- Las discusiones y los acuerdos con las diferentes partes implicadas en la aplicación
- Las normas y directrices de la industria
- Los consejos procedentes de la industria, los expertos y los científicos
- Los requisitos legales y reglamentarios

Se puede alcanzar la reducción de riesgo necesaria por un sistema instrumentado de seguridad (SIS) o por una combinación de estos sistemas u otras capas de protección. La reducción de riesgo necesaria es el nivel mínimo de reducción de riesgo que se tiene que lograr para cumplir el riesgo tolerable.

Es importante que se aprecie plenamente la distinción entre riesgo e integridad de seguridad. El riesgo es una medida de la frecuencia y consecuencias de un evento peligroso que se produce. Esto puede ser evaluado para diferentes situaciones (riesgo de proceso, riesgo tolerable, riesgo residual). El riesgo tolerable implica la consideración de factores sociales y políticos. La integridad de seguridad es una medida de la probabilidad de que la SIF y otras capas de protección logren las funciones de seguridad especificadas. Una vez se ha establecido el riesgo tolerable, y se ha estimado la reducción de riesgo necesaria, se pueden asignar los requisitos de integridad de seguridad para el SIS.

- **Riesgo de proceso.** el riesgo existente por los eventos peligrosos especificados del proceso, el sistema de control del proceso y los factores humanos asociados. No se consideran elementos protectores de seguridad designados en la determinación de este riesgo;
- **Riesgo tolerable** (nivel objetivo de seguridad de proceso). El riesgo aceptado en un contexto dado en base a los valores vigentes de la sociedad;
- **Riesgo residual.** En el contexto de esta norma el riesgo residual es el riesgo de que se produzcan eventos peligrosos después de la adición de capas de seguridad.

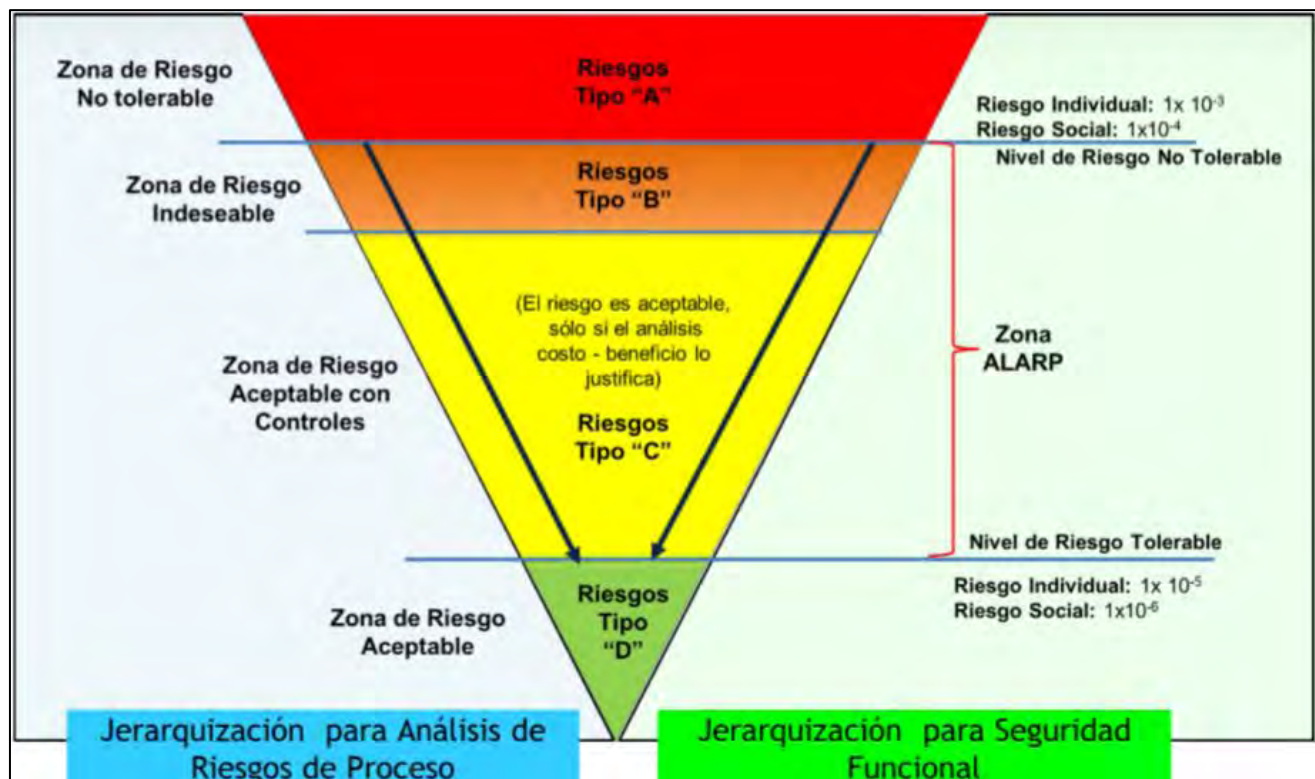


Fig. 2.3-1 Crecimiento de los Riesgos individuales

2.4 Metodología Empleada

La metodología empleada para la determinación del Nivel de integridad de seguridad, se desarrolló conforme a lo indicado en la norma de referencia IEC 61511-3: Functional safety - Safety instrumented systems for the process industry sector – Guidance for the determination of the required safety integrity levels.

En esta sección se describe la adaptación de la metodología de “Layer of Protection Analysis (LOPA)” del American Institute of Chemical Engineers (AIChE), complementada por las mejores prácticas del Center for Chemical Process Safety, Journal of Hazardous Materials y Journal of Loss Prevention in the Process Industries; así como bases de datos de tasas de fallas genéricas como OREDA, PARLOC, EXIDA etc.

Asimismo se indica, que para iniciar el ciclo de vida de seguridad se deberá partir de la identificación de peligros y eventos peligros y su valoración del nivel de riesgo, para lo cual en el presente documento para la instalación en estudio re realizará un Análisis y Evaluación del Riesgo por medio de HAZOP:, en el cual se identifican las desviaciones en las variables de proceso u Operación, así como la identificación de los sistemas de control que constituyen las protecciones de la propia instalación y con ello la determinación de las funciones instrumentadas de seguridad (FIS) requeridas en la instalación, ya que son los componentes básicos del SIS. Lo anterior forma parte del ciclo de vida de seguridad, mostrado en la siguiente figura:

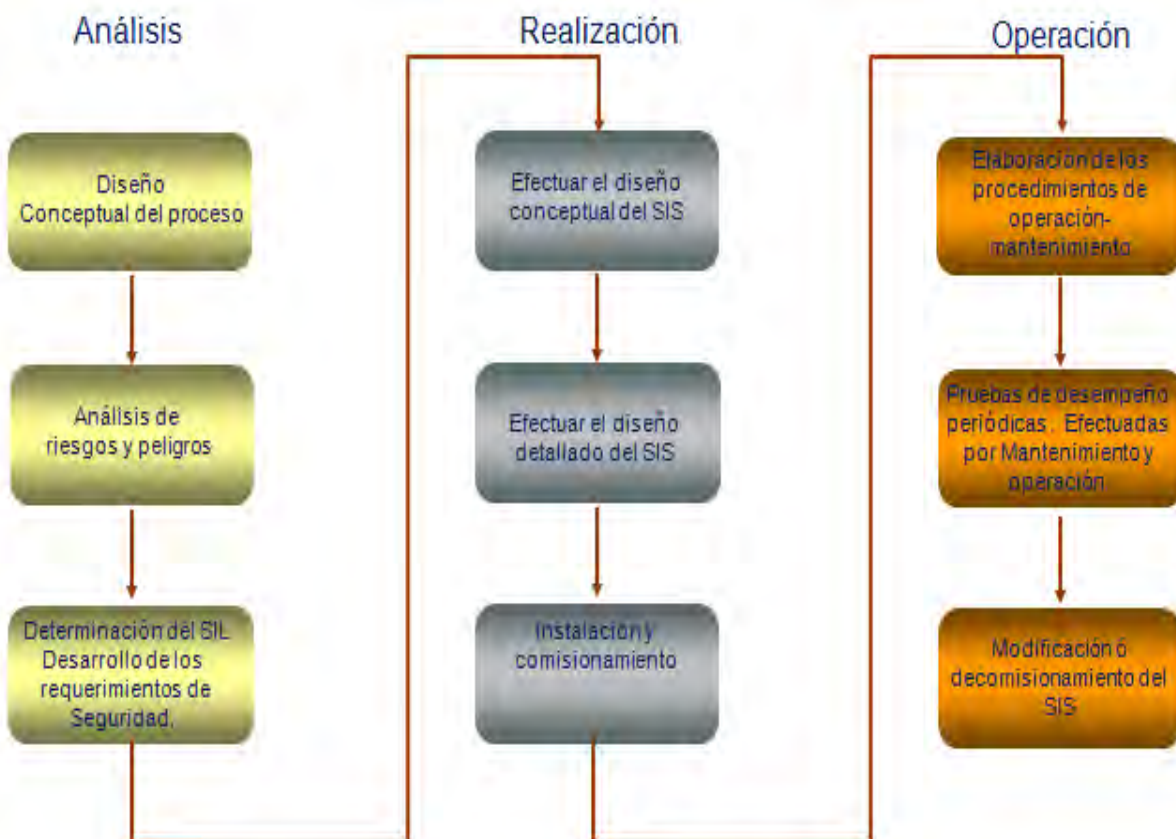


Fig. 2.4-1 Ciclo de vida de seguridad del SIS

Fase Análisis

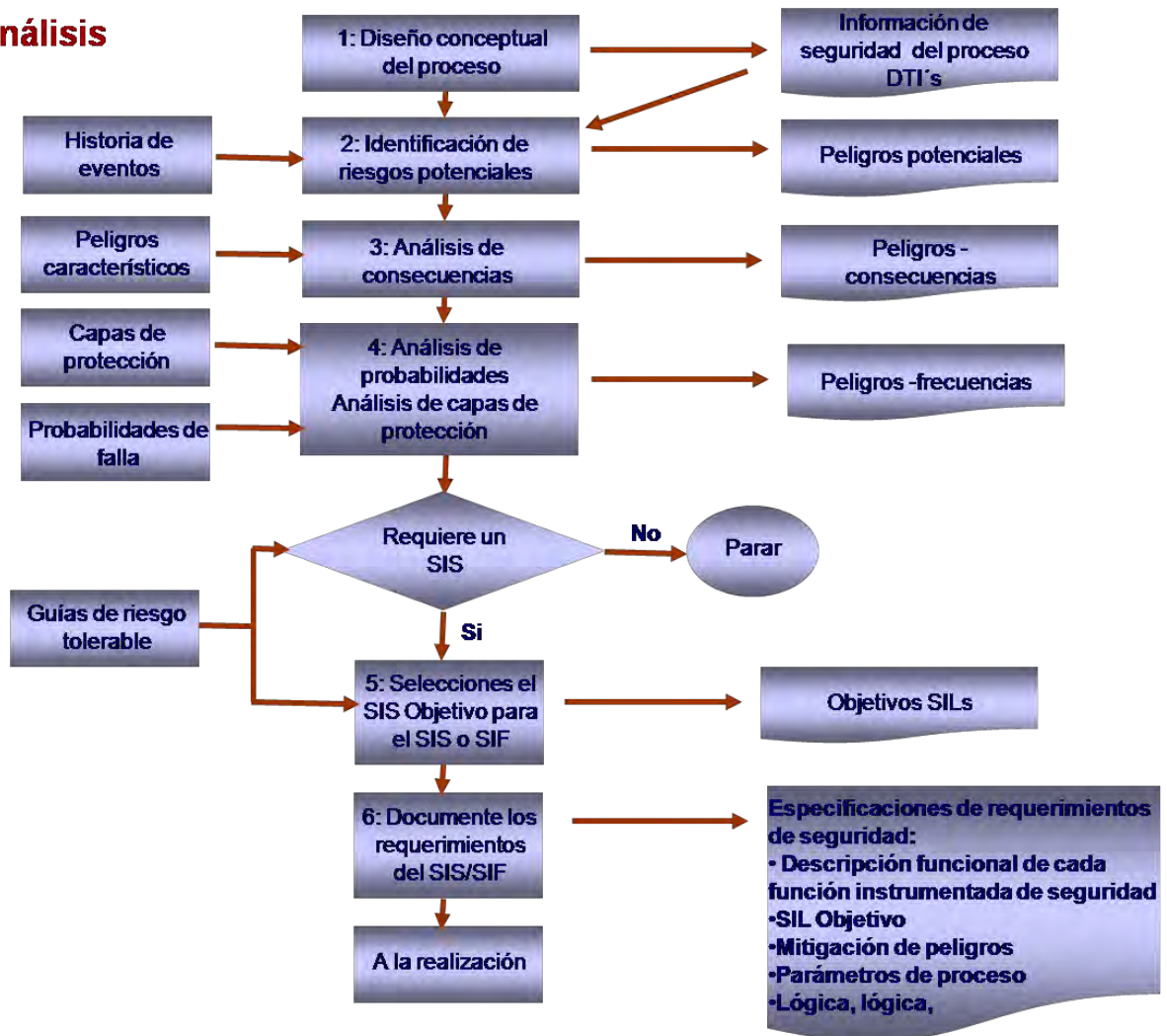


Fig. 2.4-2 Ciclo de vida de seguridad del SIS (Fase Análisis)

Nota: El cuadro que indica “Realización”, refiere, a que si como parte del análisis se determinó necesario la implementación de un SIS, la siguiente etapa del ciclo de vida de seguridad es la realización del diseño conceptual del SIS.

Cabe mencionar que dentro del presente trabajo solo se abarcará hasta la etapa Determinación del SIL en caso de que la instalación en estudio requiera una Función instrumentada de Seguridad y no el diseño de esta.



Lo mostrado anteriormente define cada una de las etapas a seguir durante el ciclo de vida de seguridad de la instalación, asimismo se puede hacer notar que una de las partes primordiales para iniciar lo descrito se relaciona con el desarrollar un Análisis y Evaluación de peligros y/o Riesgo, el cual su objetivo principal es la identificación de los peligros o riesgos inherentes a la Operación, la valoración de dichos riesgos (frecuencia/consecuencia) y la decisión de la tolerabilidad o no del riesgo, en donde si los riesgos identificados son tolerables o pueden ser controlados hasta un nivel aceptable con aplicación capas de protección “NO SIS” se finaliza el proceso.

En cambio, si los riesgos identificados requieren Funciones Instrumentadas de Seguridad configuradas a un Sistema Instrumentado de Seguridad para alcanzar un nivel del riesgo tolerable, entonces es necesario definir el Nivel del Integridad de Seguridad objetivo (NIS o SIL objetivo) el cual debe cumplir dicha Funciones Instrumentada de Seguridad “FIS”. Cada FIS planteada debe cumplir con la función de seguridad para la que ha sido diseñada, que no es otra que la protección frente al riesgo identificado como no tolerable.

Para todas las fases del ciclo de vida de seguridad, debe tener lugar una planificación de seguridad que defina los criterios, técnicas, medidas y procedimientos para:

- Asegurar que se cumplen los requisitos de seguridad del SIS para todos los modos relevantes del proceso; esto incluye requisitos tanto funcionales como de integridad de seguridad;
- Asegurar una instalación y recepción apropiadas del sistema instrumentado de seguridad;
- Asegurar la integridad de seguridad de las funciones instrumentadas de seguridad después de la instalación;
- Mantener la integridad de seguridad durante el funcionamiento (por ejemplo, ensayos periódicos, análisis de fallos);
- Gestionar los peligros de proceso durante las actividades de mantenimiento en el sistema instrumentado de seguridad.



Para el caso de estudio y para cumplir con el objetivo de realizar la Determinación del Nivel de Integridad de Seguridad (NIS) para el presente documento se aplicó las siguientes metodologías:

1. Metodología HAZOP:
2. Jerarquización de riesgos
3. Evaluación de consecuencias (cuantitativa).
4. Análisis de capas de protección (LOPA).

2.5 Análisis HazOp

Dentro del ciclo de vida de seguridad, la realización de un análisis PHA (Análisis de identificación de peligros de proceso) y basado en esta técnica es fundamental en el proceso de identificación de las Funciones Instrumentadas de Seguridad y definición del SIS. Ya que nos proporcionará aquellos escenarios que se encuentren en una región de alto riesgo y así poder tomar dichos escenarios para la determinación del NIS.

El Análisis HazOp: permite identificar y valorar los escenarios que representan un peligro para la Instalación. Primero se llevará a cabo una estimación de probabilidad de ocurrencia del evento, analizando las posibles causas de la pérdida del control de los peligros y se determina su frecuencia de ocurrencia, su duración y su naturaleza (cantidad, composición, características de liberación/uso, etc.).

El HAZOP: (Hazard Operability Study) es una técnica cualitativa que permite identificar postulados de accidentes que pudieran ocurrir en la instalación.

La metodología consiste en dividir la instalación en subsistemas que tengan una identidad funcional propia y en seleccionar una serie de nodos en cada subsistema donde se analizan las posibles desviaciones de las principales variables que caracterizan el proceso (presión, temperatura, caudal, etc.).



Las desviaciones son establecidas de forma sistemática recurriendo a una lista de palabras guía que califican el tipo de desviación. Ejemplos de palabras guía más utilizadas se mencionan en la siguiente Tabla:

Tabla. 2.5-1 Palabras guía del análisis HazOp:

Palabras Guía	
No/ninguna	Negación del intento de diseño
Más	Incremento cuantitativo
Menos	Decremento cuantitativo
Además de	Incremento cualitativo
Parte de	Decremento cualitativo
Inversa	Opuesto lógico del intento
Otro que	Sustitución completa

Como se mencionó anteriormente, cuando las palabras guía se combinan con las variables de proceso, sugieren desviaciones o problemas potenciales.

Para cada desviación identificada se debe incluir la siguiente información:

- La lista de las posibles causas
- La lista de las consecuencias
- La respuesta automática del sistema ante la desviación
- El tipo de señalización (acústica/visual) que puede permitir la detección de la anomalía
- Recomendaciones para evitar las causas o limitar las consecuencias.
- Comentarios: cualquier tipo de anotación para completar alguno de los puntos.

La aplicación de esta metodología implica la formación de un equipo multidisciplinario (seguridad, Operación, ingeniería, mantenimiento).

2.6 Terminología Utilizada en el Estudio HazOp:

En la ejecución de un estudio HAZOP: se utilizan varios términos con significado especial:



Nodo: Son puntos o secciones donde el proceso cumple con una función específica de diseño. Los nodos normalmente son secciones de tubería, recipientes u otro equipo (la amplitud del nodo depende de la experiencia del equipo de trabajo y de la experticia que se tenga del proceso).

Parámetro: Es un aspecto del proceso que lo describe físicamente, químicamente o en términos que digan qué está sucediendo.

Intención: La intención define cómo se espera que el sistema opere en el nodo. La intención provee un punto de referencia para desarrollar desviaciones.

Palabra Clave: Esta es una palabra o frase utilizada para calificar o cuantificar la intención y asociada a parámetros para descubrir desviaciones.

Es la pérdida de la intención de diseño y es descubierta aplicando sistemáticamente las palabras guía a cada parámetro en cada nodo.

Ejemplos:

No + Flujo = No flujo

Mas + Temperatura = Mayor Temperatura

Causas: Son las razones o situaciones por las cuales las desviaciones pueden ocurrir. Dado que no todas las desviaciones posibles son relevantes, el equipo de trabajo debe identificar aquellas desviaciones que sean significativas. Ejemplos de causas son falla de equipos, error humano, causas externas. Usualmente hay más de una causa por desviación.

Consecuencias: Son los resultados que pueden presentarse en caso de que ocurran las desviaciones (por ejemplo: una liberación de material tóxico). Note que las consecuencias de una desviación frecuentemente difieren para cada causa de la desviación.



Salvaguardas: Son los mecanismos y controles con los que cuenta la instalación para evitar o minimizar las consecuencias de cada desviación.

Recomendaciones: Son las acciones sugeridas por el equipo de trabajo HAZOP: para prevenir o aminorar las consecuencias establecidas. Note que habrá recomendaciones siempre que las salvaguardas sean insuficientes o poco confiables, así como también cuando se requiera mayor información o ejecución de estudios.

Los objetivos básicos del HazOp: Identificación de Peligros, donde se identifica las características de los materiales de la planta, proceso, equipo, procedimiento, etc., que puedan representar accidentes potenciales.

Identificación de Problemas de Operabilidad, donde se identifica los problemas potenciales Operativos, los cuales podrían ocasionar que se falle en alcanzar la productividad y metas de diseño.

A partir de la aplicación de la metodología HAZOP: se identifican las posibles desviaciones a las variables del proceso como son: más presión, menos presión, fugas en uniones bridadas, impacto externo, fuego externo, etc. Dichas desviaciones involucran fugas, que serían causa de daños potenciales a la instalación, al personal, así como al medio ambiente.

2.7 Jerarquización de Riesgos

Esta técnica jerarquiza el riesgo utilizando categorías de frecuencia y de consecuencia para poder analizar los escenarios de accidentes potenciales identificados y evaluados posterior a la aplicación de una metodología de identificación de riesgos.

La técnica de jerarquización de los Riesgos en la Instalación tiene gran importancia debido a que el uso apropiado de la misma permite localizar los riesgos más importantes que se pueden presentar sobre la seguridad de las personas, el medio ambiente, al negocio y a la imagen de la empresa.



Esta es una técnica semicuantitativa simplificada de análisis de riesgos en los procesos que utiliza los escenarios de accidentes potenciales clasificados y evaluados para luego clasificarlos y jerarquizarlos.

Una vez jerarquizados dichos escenarios, aquellos que se encuentren en una región de alto riesgo o en su caso en una zona de ALARP, serán de mayor importancia para realizar un análisis de consecuencias, así como también serán base primordial del análisis LOPA en la determinación del NIS para la Plataforma de Producción San Pedro 1.

Para asignar los valores de las variables de frecuencia y consecuencia se tomaron como base las Tabla 2.7-1 y para la ponderación de la consecuencia se tomó la Tabla 2.7-2 que forma parte de la jerarquización de riesgos.

Tabla 2.7-1 Clasificación por categorías de frecuencias.

Categoría de frecuencia	Tipo	Descripción de la frecuencia de ocurrencia
F6	Muy frecuente	Puede ocurrir una o más veces en un año.
F5	Frecuente	Puede ocurrir una o más veces en un periodo mayor a 1 año y hasta 5 años.
F4	Poco Frecuente	Puede ocurrir una o más veces en un periodo mayor a 5 años y hasta 10 años
F3	Raro	Puede ocurrir una o más veces en un periodo mayor a 10 años
F2	Muy raro	Puede ocurrir solamente una vez en la vida útil de la instalación
F1	Extremadamente raro	Es posible que ocurra, pero que a la fecha no existe ningún registro.

Referencia: GO-SS-TC-0002-2015, Rev. 1, Guía Operativa para Realizar Análisis de Riesgos de Procesos en los Proyectos y/o Instalaciones de PEMEX Exploración y Producción.



Tabla 2.7-2 Clasificación por categorías de consecuencias.

Categoría	Daños al personal (DP)	Efecto en la población (EP)	Impacto ambiental (IA)	Pérdida de producción (PP) [USD]	Daños a la instalación (DI) [USD]
6 (Catastrófico)	Lesiones o daños físicos que pueden generar más de 10 fatalidades	Lesiones o daños físicos que pueden generar más de 30 fatalidades	Se presentan fugas y/o derrame con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones mayores a 1 semana	>500'000,00 0	>500'000,00 0
5 (Mayor)	lesiones o daños físicos que pueden generar de 2 a 10 fatalidades	Lesiones o daños físicos que pueden generar de 6 a 30 fatalidades	Se presentan fuga y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones de 1 día hasta 1 semana	>50'000,000 a 500'000,000	>50'000,00 0 a 50'000,000
4 (Grave)	Lesiones o daños físicos con atención médica que puedan generar incapacidad permanente o una fatalidad	Lesiones o daños físicos mayores que generan de una a 5 fatalidades. Evento que requiere de hospitalización	Se presentan Fugas y/o derrames con efectos fuera de los límites de la instalación. El control implica acciones en hasta 24 horas	>5'000,000 a 50'000,000	>5'000,000 a 50'000,000
3 (Moderado)	Lesiones o daños físicos que requieren atención médica que puede generar una incapacidad.	Ruidos, olores e impacto visual que se detectan fuera de los límites de la instalación y/o derecho de vía se requieren acciones de evacuación y existe la posibilidad de lesiones o daños físicos	Se presentan fugas y/o derrames evidentes al interior de las instalaciones. El control implica acciones que llevan hasta 1 hora.	>500,000 a 5'000,000	>500,000 a 5'000,000
2 (Menor)	Lesiones o daños físicos que requieren primeros auxilios y/o atención médica.	Ruidos, olores e impacto visual que se pueden detectar fuera de los límites de la instalación y/o derecho de vía con posibilidades de evacuación.	Fugas y/o derrames solamente perceptibles al interior de la instalación, el control es inmediato.	>50,000 a 500,000	>50,000 a 500,000
1 (Despreciable)	No se esperan lesiones o daños físicos.	No se esperan impactos, lesiones o daños físicos.	No se esperan fugas, derrames y/o emisiones por arriba de los límites establecidos.	<50,000	<50,000

Referencia: GO-SS-TC-0002-2015, Rev. 1, Guía Operativa para Realizar Análisis de Riesgos de Procesos en los Proyectos y/o Instalaciones de PEMEX Exploración y Producción.



Una vez llevada a cabo la ponderación de los escenarios, se determina el nivel de riesgo mediante la correlación de la categoría de frecuencia por la categoría de consecuencia. Con lo cual, se identifican los escenarios que poseen una mayor importancia en función del riesgo que representan.

Dónde:

DP = Categoría de consecuencia para daños al personal.

EP = Categoría de consecuencia para efectos a la población.

IA = Categoría de consecuencia para impacto ambiental.

PP = Categoría de consecuencia para pérdidas de producción.

DI = Categoría de consecuencia para daños a la instalación.

F = Categoría de Frecuencia.

En la Figura 2.7-1 se ilustra la matriz de riesgo con cuatro niveles de riesgo:

Fig. 2.7-1 Matriz de Jerarquización de Riesgos

DAÑO AL PERSONAL							DAÑO A LA PRODUCCIÓN Y A LA INSTALACIÓN						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6		C1	C2	C3	C4	C5	C6
F6	C	B	A	A	A	A	F6	C	B	A	A	A	A
F5	C	C	B	B	A	A	F5	C	C	B	B	A	A
F4	D	C	C	B	B	A	F4	D	C	C	B	B	A
F3	D	C	C	C	B	A	F3	D	C	C	C	B	A
F2	D	D	C	C	C	B	F2	D	D	C	C	C	B
F1	D	D	D	D	C	C	F1	D	D	D	D	C	C



MEDIO AMBIENTE

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
F6	C	B	A	A	A	A
F5	C	C	B	B	A	A
F4	D	C	C	B	B	A
F3	D	C	C	C	B	A
F2	D	D	C	C	C	B
F1	D	D	D	D	C	C

EFFECTO A LA POBLACIÓN

	C1	C2	C3	C4	C5	C6
F6	C	B	A	A	A	A
F5	C	C	B	B	A	A
F4	D	C	C	B	B	A
F3	D	C	C	C	B	A
F2	D	D	C	C	C	B
F1	D	D	D	D	C	C

Referencia: GO-SS-TC-0002-2015, Rev. 1, Guía Operativa para Realizar Análisis de Riesgos de Procesos en los Proyectos y/o Instalaciones de PEMEX Exploración y Producción.

En la Tabla 2.7-3 se describe cada uno de los índices de riesgo que contiene la matriz de riesgo anterior.

Tabla2.7-3 Índices de riesgo.

Tipo A	Zona de Riesgo No Tolerable
Tipo B	Zona de Riesgo Indeseable
Tipo C	Zona de Riesgo Aceptable con Controles "ALARP"
Tipo D	Zona de Riesgo Tolerable

Referencia: GO-SS-TC-0002-2015, Rev. 1, Guía Operativa para Realizar Análisis de Riesgos de Procesos en los Proyectos y/o Instalaciones de PEMEX Exploración y Producción.

2.8 Evaluación de Consecuencias

Se entiende por Análisis de consecuencias la evaluación cuantitativa de la evolución especial y temporal de las variables físicas representativas de los fenómenos peligrosos en los que intervienen sustancias peligrosas, y sus posibles efectos sobre las personas, el medio ambiente y los bienes, con el fin de estimar la naturaleza y magnitud del daño.

El análisis de consecuencias de incendio, explosión y nubes tóxicas es una metodología que forma parte del Análisis de Riesgos y que permite estimar la medida de los efectos esperados de la ocurrencia de un evento potencialmente peligroso, mediante al Análisis de Consecuencias se permiten estimar los posibles daños debido a la pérdida de control sobre sustancias peligrosas.



Los diversos tipos de accidentes graves a considerar en las instalaciones en las que haya sustancias peligrosas, pueden producir determinados fenómenos peligrosos para las personas, el medio ambiente y los bienes materiales:

- Fenómenos del tipo mecánico: ondas de presión y proyectiles
- Fenómenos de tipo térmico: radiación térmica
- Fenómenos del tipo químico: fuga o derrames incontrolados de sustancias tóxicas o contaminantes.

Para la realización de este documento y para el apartado denominado Análisis de consecuencias, que como se menciona es la evaluación cuantitativa de los posibles efectos que pudiesen presentar un evento peligro, se realizó dicha evaluación mediante el uso de una herramienta informática llamada PHAST 7.11.

El software PHAST es una herramienta para análisis de riesgos de procesos que permite predecir las consecuencias de inflamabilidad, explosividad y toxicidad a partir de:

- Descargas atmosféricas de diseño y rutinarias.
- Descargas atmosféricas accidentales y peligrosas.
- Los modelos de descarga consideran:
 - Flujos de fluidos (gaseosos o de dos fases).
 - Materiales individuales o mezclas.
 - Comportamiento estable o dependiente del tiempo.
- Descargas en interiores de edificios.
- Los modelos de dispersión predicen:
 - Formación de aerosoles.
 - Condensación y formación de charcos.
 - Nubes densas.

Modelos de inflamabilidad predicen:

- Niveles de radiación.
- Zonas de deflagración.



- Niveles de sobrepresión.

Los modelos incluyen:

- BLEVE's y bolas de fuego.
- Dardos de fuego.
- Incendio de charcos.
- Deflagraciones.
- Explosiones de nubes de vapor.

Los modelos tóxicos predicen:

- Concentración en función de la distancia a favor del viento.
- Concentración en función del tiempo en cualquier punto dentro de la nube.
- Vistas superiores de la nube.

Básicamente este simulador se utiliza para estimar la magnitud de las consecuencias, revisar localización, arreglo y diseño de las instalaciones, determinar modificaciones, preparar planes de contingencia, así como cumplir con la legislación, promover la conciencia de la seguridad e iniciar un estudio cuantitativo de riesgo.

Los criterios y datos que se consideraron para la estimación de consecuencias y que fueron alimentadas al simulador, así como los resultados de las consecuencias obtenidas a partir de la simulación con el software se presentan en las siguientes secciones.

2.9 Consecuencias de Interés.

Las consecuencias son los resultados indeseables de los escenarios de accidente. Una de las primeras decisiones que una organización debe hacer al elegir para aplicar LOPA es cómo definir el punto final de las consecuencias. Hay empresas que parten en el fallo de la contención, mientras que otros estiman el impacto final en términos de lesiones o daños. El escenario más común de interés en la industria de proceso química es la pérdida de contención de materiales peligrosos o de energía.

La pérdida de contención puede ocurrir por una variedad de mecanismos tales como una pérdida de un recipiente, la rotura de una tubería, y el relevamiento de una válvula de alivio. La secuencia típica de las consecuencias de una liberación de material inflamable o tóxico se muestra en la Figura y se explica a continuación.

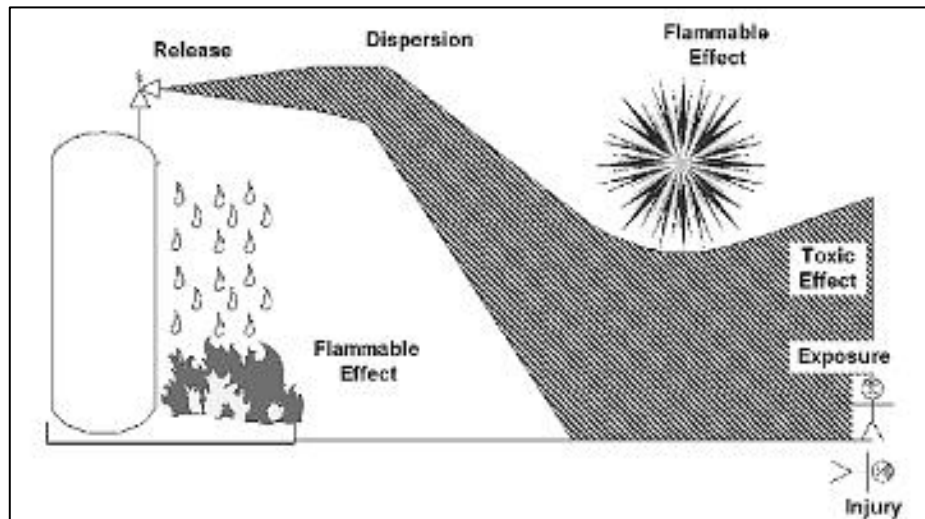


Fig. 2.9-1 Descripción de un Escenario de Pérdida de Contención

El material liberado puede ser un líquido, gas o sólido, o una combinación de estos. Si el material derramado es inflamable, la ignición puede provocar una explosión o incendio. En caso de ignición inmediata de un gas a presión o la liberación de dos fases, los incendios de chorro pueden sobrevenir. En ausencia de ignición inmediata, el material puede dispersarse para formar una nube de vapor con encendido retardado como incendios o explosiones. Los derrames de líquidos pueden quemar como incendios de charco si se encienden. Si el material derramado es tóxico, el personal de planta o el público en general puede estar expuesto a concentraciones nocivas.

La gama de puntos finales como consecuencia de una pérdida de contención incluye la liberación de los materiales peligrosos, la dispersión de los materiales peligrosos, los efectos físicos de los incendios, explosiones y emisiones tóxicas, y las pérdidas por el impacto de los efectos físicos. Todos estos extremos de una consecuencia son cuantificables por algún método de estimación.



La evaluación de las consecuencias es una parte integral de cualquier guía metodológica de evaluación de riesgos. Qué consecuencias deben ser evaluadas, y la rigurosidad con que se evalúan las consecuencias dependen de varios factores, incluyendo el riesgo asociado a los escenarios de accidente, y la metodología de evaluación de riesgos adoptados por la organización y los recursos que la organización está dispuesta a gastar para refinar la estimación.

Los diferentes tipos de evaluación de consecuencia son:

El tamaño, lesión / estimaciones de mortalidad / estimaciones de mortalidad con los ajustes detallados lesión o estimaciones de mortalidad.

Cada uno de estos métodos tiene sus ventajas y desventajas. El método utilizado para garantizar la evaluación de consecuencia dado, debe ser coherente con los criterios de la empresa tolerancia al riesgo.

Cualquier organización debe considerar cuidadosamente el nivel de detalle de análisis de consecuencias, ya que esta opción puede afectar significativamente el nivel de esfuerzo y el entrenamiento requerido. Algunas empresas optan por dejar el análisis para identificar y cuantificar el tipo y el tamaño de la liberación. Sus criterios de tolerancia al riesgo de asumir que la liberación de ciertas magnitudes tiene una cierta probabilidad de dañar el medio ambiente, la gente, o la producción/activos. En estas empresas, el criterio de tolerancia al riesgo principal se corresponde con el hecho de que la categorización consecuencia se detiene en la "liberación." Otras empresas optan por contabilizar explícitamente la probabilidad de un evento de impacto (por ejemplo, lesiones de los empleados), y por lo tanto sus categorías consecuencia. También es más explícita en el grado de daño causado. Cabe señalar que ambos enfoques pueden (y generalmente lo hace) proporcionar las decisiones de riesgo comparables.

- Método 1: Enfoque Categoría sin referencia directa a los daños humanos
- Método 2: Las estimaciones cualitativas con daños humanos



- Método 3: Las estimaciones cualitativas de daño humano con ajustes de probabilidades después de la liberación
- Método 4: Las estimaciones cuantitativas de daños humanos

2.10 Estimación Cuantitativa con Daños al Humano

Este método utiliza el impacto final a los seres humanos como consecuencia de interés, en base a la utilización de un modelo matemático de predicción de las posibles consecuencias resultantes para un determinado evento. Para cada escenario, las consecuencias humanas son estimadas directamente y formarán la base para llevar a cabo el análisis de capas de protección LOPA (alcance de esta tesis), para lo anterior es posible utilizar el conocimiento previo de modelización detallada de liberación de las emisiones similares, mediante un software de simulación.

El riesgo resultante de una lesión o fatalidad se pueden comparar directamente con un riesgo de accidentes mortales criterio de tolerancia para un evento determinado, o la totalidad de los eventos asociados con un proceso o planta puede ser resumido y comparado para procesar criterios de tolerancia al riesgo.

Las ventajas de este método son:

- Simplicidad de la comprensión: Muchas personas tienden a comprender mejor resultado en términos de daño en lugar de expresar el riesgo en términos de tamaño.
- La comparación directa con las directrices de las empresas: Muchas empresas ya han establecido directrices para el riesgo de una fatalidad, lesión, o por el riesgo de unas pérdidas económicas determinadas.

Las desventajas de este método son:

- Supuestos implícitos de la probabilidad de ignición para combustibles, para la probabilidad de lesión, y la probabilidad de que una persona está presente en el área puede sobreestimar o subestimar el riesgo de mortalidad.



- La estimación de la gravedad consecuencias pueden variar entre diferentes analistas, a menos que se ofrezca orientación a través de la empresa.

En lo que respecta a este documento para la evaluación de consecuencias se tomó el método de aproximación cuantitativa señalada en LOPA, es decir, derivado del análisis HazOp: realizado y tomando como referencia aquellos eventos que involucran pérdidas de contención se harán una aproximación de las consecuencias para las cuales posteriormente se valorará la frecuencia objetivo del evento peligroso final.

2.11 Análisis de Capas de Protección

LOPA evalúa típicamente escenarios que fueron desarrollados en un estudio previo, un primer paso por el especialista en LOPA es revisar esos escenarios; el método más común de revisión está basado en la consecuencia, la cual es típicamente identificada durante una revisión cualitativa de peligros, tal como un estudio de HAZOP: Después, evaluar la consecuencia, incluyendo el impacto y estimando su magnitud.

El escenario más común de interés para LOPA en la industria de proceso química es la pérdida de contención de materiales peligrosos o de energía, más sin embargo como caso particular y en referencia al alcance y objetivo principal de este documento, este análisis centrará a su vez la magnitud de consecuencias no tanto a escenarios de pérdida de contención sino también a todos aquellos que derivado de lo identificado dentro del método HAZOP: implique algún impacto económico significativo hacia la producción o daños monetarios a la instalación.

2.11.1 ¿Qué es LOPA?

LOPA es un método simplificado del análisis de riesgo. El método LOPA utiliza categorías numéricas para estimar la frecuencia de un evento indeseado, la severidad de la consecuencia, y la probabilidad de fallo de las capas de protección independientes (IPL's), con ello, se puede estimar el riesgo mediante escenarios.



Al igual que muchos otros métodos de análisis de riesgos, el principal propósito de LOPA es determinar si existen suficientes capas de protección para enfrentar un escenario de accidente. Un escenario podría requerir una o más capas de protección dependiendo de la complejidad del proceso y de la severidad de la consecuencia.

El método LOPA da una base consistente para determinar si hay suficientes IPL's para controlar el riesgo de accidente en un escenario dado. Si el riesgo estimado no es aceptable, deberán añadirse IPL's. También se pueden evaluar alternativas que abarquen inherentemente un diseño más seguro. Este método no sugiere que IPL's añadir o que diseño elegir, pero ayuda a determinar alternativas para la mitigación de riesgo. El método LOPA no es completamente un análisis cuantitativo, más bien es un método simplificado para analizar la importancia de las capas de protección para un escenario de accidente bien definido.

El análisis LOPA (Layer of Protection Analysis o Análisis de las Capas de Protección) es una metodología de análisis de riesgos de carácter semicuantitativo que permite determinar y valorar el riesgo de forma intuitiva y reproducible, exponiendo qué capas de protección son susceptibles de ser mejoradas y en qué grado.

El análisis LOPA inicia con una consecuencia no deseada, por lo general, un evento que podría causar daños a la salud de las personas, al ambiente, a la instalación o el impacto económico.

LOPA tiene sus orígenes básicamente en el intento de dar una respuesta a las preguntas claves dentro de un enfoque basado en el riesgo. Las cuales son:

- ¿Qué tan seguro es o cuando es suficientemente seguro?
- ¿Cuántas capas de protección son necesarias?
- ¿Cuánta reducción del riesgo proporciona cada capa?

En LOPA, las capas de protección individuales propuestas o previstas son analizadas para determinar su eficacia.



Lo que se busca mediante la técnica de LOPA es:

- Clasificar la SIF para determinar el nivel de integridad de seguridad apropiado (SIL)
- Desarrollar una herramienta de detección para reducir el número de escenarios que requieren una evaluación cuantitativa de los riesgos.
- Desarrollar una herramienta que identifique el equipo "crítico para la seguridad", y sistemas para concentrar los recursos limitados.
- Desarrollar una herramienta semicuantitativa para hacer juicios basados en riesgo constante dentro de una instalación.
- Facilitar la comunicación (por ejemplo, el SIS, SIF, SIL, IPL) entre el peligro y la comunidad de análisis de riesgos y la comunidad de control de procesos (por ejemplo, los integradores, fabricantes, instrumento y los ingenieros eléctricos, personal de la planta).

2.11.2 El uso de LOPA en el Ciclo de Vida del Proceso

LOPA puede ser utilizado eficazmente en cualquier punto en el ciclo de vida de un proceso o una instalación, pero se usa con mayor frecuencia durante:

- Modificaciones a sistemas de control o de seguridad de un proceso existente o (es decir, gestión del cambio).
- Se utiliza también para examinar escenarios de riesgo.

Sin embargo, LOPA también se puede utilizar en todas las fases del ciclo de vida del proceso:

- LOPA se puede utilizar durante el diseño conceptual inicial del proceso a examinar, proporciona orientación para seleccionar un diseño que tiene frecuentemente un suceso iniciador, o una consecuencia menor. Idealmente, LOPA podría utilizarse para diseñar un proceso que es "Intrínsecamente seguro"



- Se puede utilizar durante el ciclo regular de los análisis de riesgos de proceso (PHAs). Además, los criterios objetivos de riesgo tienen demostrado su eficacia en la resolución de desacuerdos sobre los resultados de la PHA.
- Se puede utilizar para identificar el equipo que se desea mantener dentro de los criterios de riesgo tolerables de una organización. Dichos equipos pueden denotarse como "crítico para la seguridad" (ISA S91.01, 1995) y se somete a pruebas especificadas, la inspección y mantenimiento.
- LOPA se puede utilizar para identificar las acciones del Operador y las respuestas que son críticas para la seguridad del proceso. Esto permitirá la capacitación focalizada y para la Operación manual para reflejar la importancia de un número limitado de proceso variables, alarmas y acciones.

2.11.3 ¿Qué hace LOPA?

Provee un análisis de riesgo para reproduciblemente evaluar el riesgo de accidente en los escenarios seleccionados. Un escenario es comúnmente identificado durante una evaluación de peligro (HE), tal como la gestión de la evaluación de cambio o revisión del diseño. LOPA es aplicado después de una consecuencia inaceptable y se selecciona una causa creíble para ella. Esto provee una aproximación de orden de magnitud de riesgo de un escenario.

Una vez seleccionado un par de causa – consecuencia para su análisis, se puede utilizar LOPA para determinar que controles administrativos y de ingeniería (comúnmente llamados salvaguardas) coinciden con la definición de IPL's y después estimar tal y como está el riesgo del escenario. Los resultados pueden ser extendidos para hacer evaluaciones de riesgo y ayudar a decidir qué tanta reducción de riesgo es requerida para alcanzar un nivel tolerable de riesgo. Otros escenarios o problemas pueden ser descubiertos mientras se lleva a cabo un análisis por el método LOPA en un escenario.

Otra manera de entender LOPA, es visualizarla en relación con el análisis de riesgo cuantitativo. En este contexto, un escenario LOPA representa una trayectoria (típicamente se elige la trayectoria hacia la peor consecuencia) en un árbol de eventos.



En otros casos, se elige el par causa – consecuencia que mejor represente el nivel más alto de riesgo de varios escenarios similares al elegido. La aproximación tomada depende de la experiencia del analista con el método LOPA y con el proceso bajo consideración, aunque esto no es sencillo siempre.

En la práctica, éste método no podrá seleccionar un escenario de un árbol de eventos completamente desarrollado. En su lugar, el método LOPA típicamente inicia con escenarios identificados por un equipo de revisión de riesgos cualitativos. Como se mencionó antes, LOPA es un método que encaja entre los métodos cualitativos y cuantitativos y es aplicado cuando el analista decide que es la mejor herramienta para analizar el riesgo.

2.11.4 ¿Cómo trabaja LOPA?

Como todos los métodos analíticos, LOPA tiene reglas, como otros métodos LOPA puede ser dividido en dos pasos.

PRIMER PASO: Identificar la consecuencia para visualizar los escenarios. Ya que LOPA típicamente evalúa escenarios que han sido desarrollados en estudios previos, un primer paso a realizar por el o los analistas es visualizar estos escenarios, el método más común de visualización está basado en consecuencias. Una consecuencia es comúnmente identificada durante una revisión cualitativa de riesgos (como un análisis HAZOP). Después se evalúa la consecuencia (incluyendo el impacto de la misma) y estima su magnitud.

SEGUNDO PASO: Seleccionar un escenario de accidente. LOPA se aplica en un escenario a la vez. El escenario puede provenir de otros análisis (análisis cualitativos), éste escenario debe describir un par de causa – consecuencia.

TERCER PASO: Identificar el evento inicial y determinar la frecuencia de evento inicial (eventos por año). El evento inicial debe llevar a la consecuencia (dada la falla de todas las salvaguardas). La frecuencia debe tomar en cuenta los aspectos de fondo del escenario, tales como la frecuencia del modo de operación para el que el escenario es válido.



CUARTO PASO: Identificar las IPL y estimar la probabilidad de falla en demanda de cada IPL. LOPA es la abreviatura de " Análisis de capas de protección " Algunos escenarios de accidentes, sólo requieren una IPL, mientras que otros escenarios de accidentes pueden requerir varias IPL, o una IPL de muy baja probabilidad de falla para lograr un riesgo aceptable en el escenario. La parte central de éste método es reconocer las salvaguardas existentes que cumplan con los requisitos de IPL para un escenario dado.

QUINTO PASO: Estimar el riesgo del escenario mediante la combinación matemática de la consecuencia, el evento iniciador, los datos de la IPL. Se pueden incluir otros factores durante el cálculo, dependiendo de la definición de la consecuencia (impacto del evento). Los enfoques incluyen fórmulas aritméticas y métodos gráficos

SEXTO PASO: Evaluar el riesgo para llegar a una decisión concerniente al escenario. Se debe tomar en cuenta cómo tomar decisiones de riesgo con LOPA. Esto incluye la comparación del riesgo de un escenario con los criterios de riesgo. Los resultados pueden ser utilizados para priorizar las actividades de gestión de riesgos, tales como la identificación de los componentes de los equipos para centrarse en un plazo de programa de integridad mecánica.

2.11.5 Beneficios de LOPA

- Este método requiere menos tiempo que los análisis de riesgo cuantitativos. El beneficio aplica particularmente para escenarios muy complejos como para utilizar análisis de riesgo cualitativos.
- Ayuda a resolver conflictos respecto a la toma de decisiones ya que provee un consistente y simplificado marco de referencia para estimar el riesgo de un escenario y provee un lenguaje común para entender y discutir el riesgo. También Provee una mejor decisión comparada con argumentos subjetivos o emocionales.
- Puede mejorar la eficiencia de la evaluación de riesgos ya que es una herramienta que puede hacerlo de manera más rápida.



- Facilita la determinación de un par causa- consecuencia de manera más precisa, por lo tanto facilita la identificación de los escenarios.
- Brinda medios de comparación de riesgo de unidad a unidad o de planta a planta.
- Brinda juicios o decisiones más defendibles debido a la rigurosa documentación y los valores específicos asignados a los aspectos frecuencia consecuencia del escenario.
- Ayuda a identificar operaciones y prácticas que se piensa son seguras de manera más detallada, de esta forma se pueden implementar salvaguardas para mitigar el riesgo a un nivel tolerable.
- Ayuda a crear la base para una clara, y especificación funcional para IPL (ISA, 1996) y IEC 61511 (IEC, 1998; 2001).
- Ayuda a las empresas a decidir en qué salvaguardas enfocarse durante la operación, mantenimiento, y capacitación relacionada. Por instancia, muchas compañías deciden enfocarse en la inspección y mantenimiento preventivo de las IPL's identificadas durante LOPA.

Asimismo, se hace mención a que todas las instalaciones industriales tienen múltiples capas de protección para la seguridad. Cada capa de protección tiene su propio nivel de reducción de riesgos. Cada capa de seguridad debe ser independiente de los demás, lo que significa que, si hay un fallo en una capa de seguridad, otra capa no se ve afectada y aún puede realizar el objetivo de salvaguardar y restaurar el proceso a un estado seguro.

Las medidas de seguridad de prevención de riesgos en la industria de procesos se diseñan considerando la frecuencia de la explosión al riesgo por personas, la probabilidad de la presencia del evento iniciador del riesgo, y la severidad de las consecuencias.

Las medidas de seguridad de mitigación de riesgos se diseñan para controlar los eventos peligrosos iniciados, y para reducir el impacto del evento a instalaciones, el medio ambiente, y la vida humana.

En la figura siguiente se muestra las medidas de seguridad contra riesgos industriales, en niveles o capas de protección y su orden secuencial.

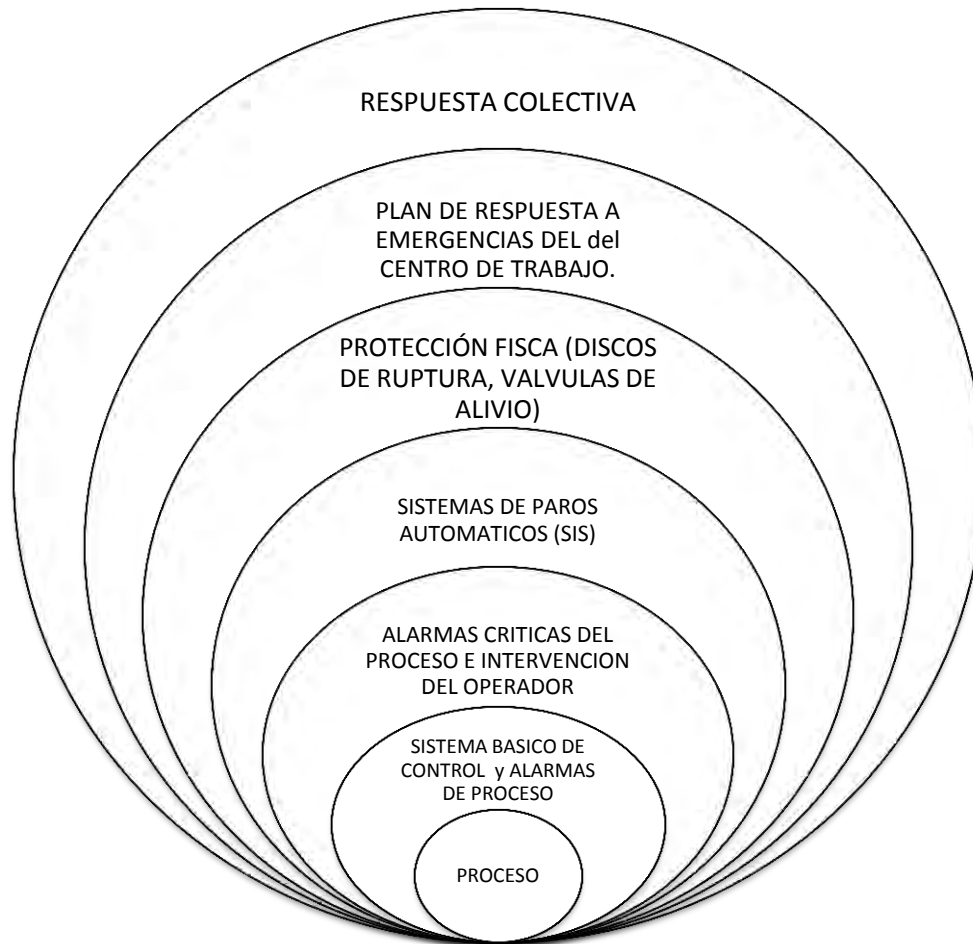


Fig.2.11.5-1 Esquema de capas de protección

2.12 Determinación de Capas Independientes de Seguridad

Una Capa Independiente de Protección (CIP, o IPL por sus siglas en inglés) es un dispositivo, sistema o acción que sea capaz de prevenir un escenario de consecuencia no deseada, independiente del suceso iniciador o de la acción de cualquier otra capa de protección asociados con el escenario.

La eficacia y la independencia de una CIP debe ser auditable. Por ejemplo, en la figura 1.11.5-1, en el punto A en una cadena de eventos de una CIP instalado tiene la oportunidad de actuar. Si funciona como se pretende la consecuencia no deseada se previene. Si todas las CIP en un escenario no llevan a cabo sus funciones, entonces, la consecuencia no deseada se producirá a partir del evento inicial.

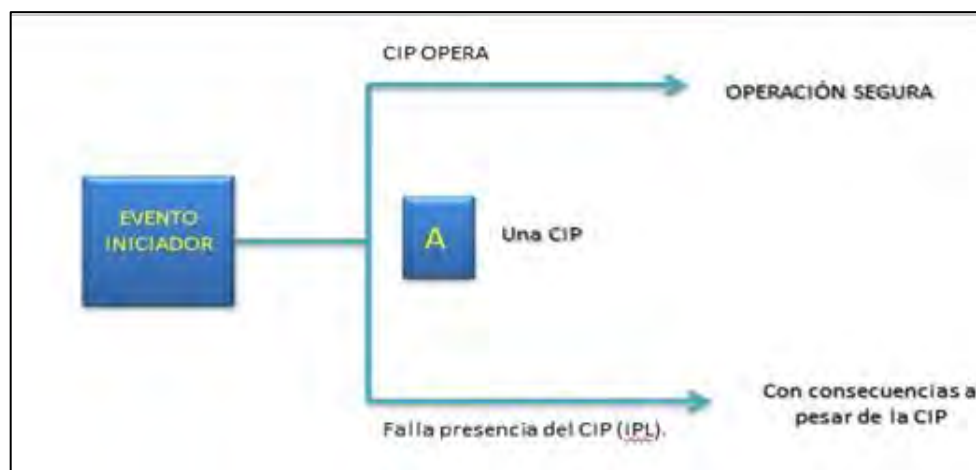


Fig.2.11.5-2 Características de los CIP

La distinción entre una CIP y una salvaguarda es importante. Una salvaguarda es cualquier dispositivo, sistema o acción que es probable que interrumpa la cadena de acontecimientos a raíz de un evento de apertura. Sin embargo, la eficacia de algunas garantías no se puede cuantificar debido a la falta de datos, la incertidumbre en cuanto a la independencia o la eficacia, u otros factores.

Todas las Capas Independientes de protección son salvaguardas, pero no todas las salvaguardas son CIP's. La eficacia de una CIP se cuantifica en términos de su probabilidad de fallo en la demanda (PFD), que se define como la probabilidad de que un



sistema (en este caso la IPL) no podrá realizar una función específica cuando es demandada. La PFD es un número adimensional entre 0 y 1. Cuanto menor sea el valor de la PFD más grande es la reducción en la frecuencia de las consecuencias para un determinado evento iniciador y la frecuencia de eventos. La "reducción de la frecuencia" alcanzada por una IPL es a veces llamada "factor de reducción del riesgo".

Cada una de las capas de seguridad debe ser independiente y se evalúa por tres características fundamentales:

- **Efectiva**, en la prevención de las consecuencias cuando funciona como fue diseñado.
- **Independiente**, del suceso iniciador y los componentes de cualquier otra IPL ya utilizada por el mismo escenario.
- **Auditable**, la eficacia se supone en términos de prevención de la consecuencia y la PFD deberá ser capaz de validarse de alguna manera (por la documentación, revisión, pruebas, etc.)

En resumen una CIP debe reunir las siguientes características:

Independencia – el desempeño de una capa de protección no es afectado por la causa iniciadora de un evento peligroso o por la falla de otras capas de protección.

Funcionalidad – la operación requerida de la capa de protección como respuesta a un evento peligroso.

Confiabilidad – la probabilidad de que una capa de protección opere según lo previsto bajo condiciones indicadas por un período específico de tiempo.

Auditabilidad – habilidad para inspeccionar información, documentos y procedimientos, que demuestre la suficiencia y la adherencia al diseño, inspecciones, mantenimiento, prueba, y prácticas de operación utilizados para alcanzar las otras cualidades base. Otras características de la CIP que se pueden mencionar son:



Integridad – relacionado a la reducción de riesgo que puede ser razonablemente esperada dado el diseño y el manejo de la capa de protección.

Acceso de Seguridad – uso de controles físicos y administrativos para reducir el potencial de cambios no intencionales o no autorizados.

Manejo del Cambio – proceso formal utilizado para revisar, documentar, y aprobar modificaciones a equipos, procedimientos, materiales, condiciones de procesamiento, etc., que no sean reemplazo de un equipo del mismo tipo, previo a la implementación.

De acuerdo con la norma IEC-61511-3, el análisis LOPA debe incluir lo siguiente:

- Identificar los eventos iniciadores de impactos indeseados, determinando el tipo de impacto (al ambiente, al personal, a las instalaciones).
- Listar las causas de cada impacto.
- Estimar las frecuencias de cada evento iniciador.
- Listar las capas de protecciones diseñadas o existentes.
- Determinar la probabilidad de falla en demanda de cada capa de protección.
- Calcular la frecuencia de todas las rutas que se originan desde el evento iniciador, multiplicando la frecuencia del evento iniciador por cada una de las probabilidades que apliquen.
- Comparar la frecuencia final de resultados indeseados contra el criterio de riesgo tolerable. Si no se cumple con dicho criterio, entonces adicionar capas de protección

Asimismo, el estándar antes citado indica que para establecer el NIS requerido se deben considerar lo siguiente:

- La severidad de las consecuencias si el sistema de seguridad falla al operar en demanda.
- La probabilidad de que el personal sea expuesto al fuego.
- Medidas de mitigación para reducir las consecuencias del evento de riesgo.



- La frecuencia con la cual el sistema de seguridad se requiere que actúe.

En la Plataforma de San Pedro 1, se determinará el Nivel de Integridad de Seguridad requerido para las Funciones Instrumentadas de Seguridad definidas de acuerdo a los escenarios y considerando las posibles consecuencias que involucren pérdidas de contención, pérdidas económicas por impacto a la producción o daño a la instalación.

2.13 Desarrollo de la Determinación del SIL Requerido

El Nivel de Integridad de Seguridad “SIL” es un nivel discreto, de 1 a 4, que nos indica que reducción de riesgo hemos de aplicar a una función de seguridad para alcanzar un riesgo tolerable. El propósito de seleccionar un SIL objetivo es especificar la reducción de riesgo requerida, es decir, la diferencia entre los niveles de riesgo existente y el riesgo tolerable.

Cada nivel se refiere a cierta probabilidad de que un sistema de seguridad realice satisfactoriamente las funciones de seguridad requeridas bajo todas las condiciones establecidas en un periodo determinado.

Está basado en la probabilidad de fallo en demanda (PFD) para cada particular función instrumentada (SIF). La IEC-61511 define 4 niveles. La siguiente tabla muestra la relación de los rangos de la Probabilidad de Falla en Demanda (PDF) asociada a un factor de reducción de riesgo (RRF) que corresponden a cada nivel de SIL.

Tabla 2.13-1 clasificación de la reducción. Índice de SIL

INDICE DE SIL	PFD	RRF
4	$10^{-4} > 10^{-3}$	10,000 > 100,000
3	$10^{-3} > 10^{-4}$	1000 > 10,000
2	$10^{-2} > 10^{-3}$	100 > 1000
1	$10^{-1} > 10^{-2}$	10 > 100

Una de las etapas de la Gestión del SIS establecidas por las normas IEC 61508/61511 es la Asignación del NIS (siglas en inglés “SIL”) requerido para cada una de las funciones de seguridad. Dicha asignación se realizará en una de las metodologías indicadas en la



parte 3 de la IEC 61511, identificada como “Análisis de Capas de Protección” (ACP o LOPA por las siglas en inglés de: Layer of Protection Analysis), para lo cual en los siguientes apartados se describe la secuencia que se realizó para su desarrollo.

Para establecer el NIS (SIL, por sus siglas en inglés) del SIS, se debe considerar los siguientes parámetros:

- La severidad de las consecuencias si el sistema de seguridad falla al operar bajo demanda
- La probabilidad de que el personal sea expuesto al riesgo
- Medidas de mitigación para reducir las consecuencias del evento de riesgo
- La frecuencia con la cual el sistema de seguridad se requiere que actúe
- Probabilidad de ocurrencia del evento peligroso

Se debe seleccionar un NIS objetivo y especificar la reducción de riesgo objetivo, es decir, la diferencia entre los niveles de riesgo existente y tolerable, en términos de NIS.

Independientemente de la naturaleza del método a usar, el analista debe considerar la evaluación de dos componentes del riesgo (la probabilidad del evento de peligro y la severidad de la consecuencia). La asignación del NIS objetivo se debe realizar basándose en un proceso que lleve el riesgo del proceso a un nivel tolerable.



Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la
Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)



CAPÍTULO III

ANALISIS HAZOP



3.1 Análisis de Peligros y Operabilidad “HAZOP”

Como se ha mencionado con anterioridad La técnica de análisis de peligros y Operabilidad “HazOp:” se basa en el principio de que varios expertos con diferentes especialidades, pueden interactuar de una manera creativa y sistemática para identificar más problemas trabajando juntos que trabajando separados. La técnica de análisis “HazOp:” fue originalmente desarrollada por el Dr. Trevor Kletz en la década de 1970 en la compañía Imperial Chemical Industries, para evaluar la Operación de sus instalaciones industriales, posteriormente esta técnica fue adaptada de manera colegiada por el American Institute of Chemical Engineers y difundida a partir de 1992 a través de las Guías editadas por el Center for Chemical Process Safety, y es recomendada para identificar los problemas de seguridad y de Operabilidad que se pudiesen presentar en una instalación durante su Operación normal, arranque y paro, AICHE 1999.

La metodología consiste en dividir la instalación en subsistemas que tengan una identidad funcional propia y en seleccionar una serie de nodos en cada subsistema donde se analizan las posibles desviaciones de las principales variables que caracterizan el proceso (presión, temperatura, caudal, etc.).

Dentro del presente documento solo se tomaron aquellos sistemas que componen principalmente al proceso de inyección y separación de crudo; sistemas de venteo, así como gas de instrumentos o gas combustible no se tomaron en cuenta.

La identificación de los nodos analizados se podrán observar en el **ANEXO A**.



3.2 Aplicación de la Metodología de Identificación de Riesgos.

Para la identificación de peligros en la sección de proceso se utilizó la metodología HazOp: obteniéndose los siguientes nodos como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3.2-1 Nodos Analizados para la Metodología HazOp

Nodos	Condiciones de diseño/Parámetros	Alcance del Nodo	Planos
1. Línea de producción, manifold de producción y separadores de prueba y de totales MBD-201-203.	Presión Op: (psi):20-40 Temperatura Op: (°F):60-70	Inicia cabezal de producción de 2" en pozos 5XD, 9D, 11D, manifold de producción que incluye separadores de prueba y totales MBD-201-203, línea de salida de gas de 3" y manifold de gas de 6" hasta válvula de 12" en scrubber de succión de compresor.	PE01010-F-PI-004
			PE01010-F-PI-005
2. Scrubber de succión de compresor CAS-401	MBF-301: Presión Op:: (psi):20-40 Temperatura Op:: (°F):60-70	Inicia en válvula de 12" en entrada a scrubber de succión del compresor MBF-301, línea de salida de gas de 8" hacia filtros MAJ-302A/B hacia succión de compresor, salida de crudo hasta válvula LV de control de nivel.	PE01010-F-PI-005
3. Compresor CAS-401	Presión de succión/descarga del compresor (psi):20-40/920	Inicia en compresor de gas CAS-401, línea de descarga de 3", incluye scrubber de gas lift MBF-302, línea de salida de condensados hasta válvula de nivel LV-30204, incluye línea de 3" hacia manifold de distribución de gas lift, línea de 2" hacia el manifold de gas lift a pozos terminando en compresor de estimulación de pozos.	PE01010-F-PI-005 PE01010-F-PI-006
4. Almacenamiento de crudo (Tanque trapezoidal) ABJ-601	Presión Op:: (psi):atm Temperatura Op:: (°F):atm	Inicia a partir de válvulas de nivel LV en separadores de prueba y totales, línea de 3" hasta la interconexión con el cabezal línea 4"-HL-SP1-20002-CB20-B de envío de crudo-agua hacia tanque trapezoidal, tanque trapezoidal ABJ-601 y línea de salida de 8"-HL-SP1-60101-CB20-B, incluye filtros y bomba PBA-601 hasta línea de salida hacia barcaza "ENERGY 9501".	PE01010-F-PI-007
			PE01010-F-PI-004
5. Línea de gas de inyección de alta presión a pozos	Presión Op:: (psi): 3,475	Inicia en la llegada de línea de 3" desde Plataforma SP1A y línea de inyección de 3" a pozos inyectoros.	PE01010-F-PI-003

Nota: Los nodos marcados a analizar se muestran en el ANEXO A



3.3 Relación y Ponderación de Escenarios Identificados.

Una vez realizada la identificación de riesgos a través de la metodología identificación HazOp: se procedió a realizar la jerarquización de riesgos se tomó como referencia el Procedimiento para Realizar Análisis de Riesgo de Procesos en PEMEX Exploración y Producción “Guías Técnicas para realizar Análisis de Riesgo de Proceso” clave 800-16400-DCO-GT-75, Rev. 1. La ponderación de las desviaciones para cada una de las afectaciones: Daño al Personal (DP), Impacto Ambiental (IA), Pérdida de producción (PP), Daño a la instalación (DI) y Daño a terceros (DTER).

Es importante señalar que la utilización de la metodología de jerarquización, es la pauta para el análisis cuantitativo a desarrollar, de igual forma como parte de este estudio será necesario el llevar a cabo la selección de los principales escenarios de riesgo, conforme a los resultados de la matriz de ponderación de riesgos tomando como base aquellos escenarios que se encuentren dentro de la zona intolerable o ALARP.

Una vez jerarquizados los riesgos y tomando como referencia lo descrito en el documento “Guías Técnicas para realizar Análisis de Riesgo de Proceso” clave 800-16400-DCO-GT-75, Rev. 1, se consideró necesario el evaluar todos aquellos escenarios con pérdida de contención, los cuales involucran un posible daño al personal o a la instalación; aun considerando que derivado de la jerarquización realizada por el grupo multidisciplinario los escenarios de riesgo identificados se encuentran en la Región de Riesgo Tolerable “C” (región verde); y que derivado de los resultados obtenidos a través de las técnicas cuantitativas poder comparar la tipificación cualitativamente y poder catalogar el riesgo en base al nivel de riesgo actual de la instalación.

Una vez realizada la identificación de riesgos, se llevó a cabo la selección de los escenarios que representan la pérdida de contención del material manejado, por lo que es posible plantear los siguientes escenarios hipotéticos de Riesgo.



Tabla 3.3 -1. Ponderación de los Riesgos Identificados Mediante la Metodología HazOp.

Nodo: 1. Línea de producción, manifold de producción y separadores de prueba y de totales MBD-201-203.

ID Equipos: Inicia en línea de producción de 2" en pozos 5XD,9D,11D, manifold de producción de 6" hacia separadores de prueba y totales MBD-201-203, salida de gas de 3" y manifold de gas de 6" hasta válvula de 12" en scrubber de succión de compresor.

Condiciones de Diseño/Parámetros: Presión Op: (psi):20-40

Temperatura Op: (°F):60-70

Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Daño al Personal			Impacto Ambiental			Daño Instalación			Pérdida Producción			Efectos Población			Recomendaciones	
				F	DP	MR	F	IA	MR	F	DI	MR	F	PP	MR	F	EP	MR		
1. Más Presión	1. Cierre de válvula manual BF-30101 en la línea de gas 12"-SP1-20004-CB20-B a la entrada del Scrubber MBF-301	1. Sobrepresión en línea de producción, Manifold de producción (Separadores de prueba y separador de Totales), con fuga de hidrocarburos y posible formación de nube tóxica, incendio, explosión con daño al personal, medio ambiente y a las instalaciones.	1. PCV 30110 en línea de 6-VC-SP-30103-CB20-8 hacia el sistema de venteo	2	2	D	2	1	D	2	1	D	2	2	D	2	1	D		
			2. PSV de Separadores MBD-201-203																	
			3. Disco de ruptura PSE hacia sistema de venteo																	
	2. Apertura de la válvula de estrangulamiento por falla mecánica a la llegada de pozos	1. Sobrepresión en línea de producción, Manifold de producción (Separadores de prueba y separador de Totales), con fuga de hidrocarburos y posible formación de nube tóxica, incendio, explosión con daño al personal, medio ambiente y a las instalaciones.	1. PSV de Separadores MBD-201-203	3	2	C	3	2	C	3	1	D	3	2	C	3	1	D	1. Implementar un PIT en bajante de producción configurado a un SDMC con alarmas por alta y baja presión	
			2. Disco de ruptura PSE hacia sistema de venteo																	
	3. Cierre de la válvula PCV-30110 en línea de 6-VC-SP-30103-CB20-8	1. Sin consecuencias de interés																		



Tabla 3.3 -1. Ponderación de los Riesgos Identificados Mediante la Metodología HazOp.

Nodo: 1. Línea de producción, manifold de producción y separadores de prueba y de totales MBD-201-203.

ID Equipos: Inicia en línea de producción de 2" en pozos 5XD,9D,11D, manifold de producción de 6" hacia separadores de prueba y totales MBD-201-203, salida de gas de 3" y manifold de gas de 6" hasta válvula de 12" en scrubber de succión de compresor.

Condiciones de Diseño/Parámetros: Presión Op: (psi):20-40

Temperatura Op: (°F):60-70

Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Daño al Personal			Impacto Ambiental			Daño Instalación			Pérdida Producción			Efectos Población			Recomendaciones	
				F	DP	MR	F	IA	MR	F	DI	MR	F	PP	MR	F	EP	MR		
2. Menos Presión	1. Bloqueo o restricción de la válvula de estrangulamiento por falla mecánica a la llegada de pozos.	1. Pérdida de producción, con posible abatimiento de pozos	1. Ninguna	3	1	D	3	1	D	3	1	D	3	2	C	3	1	D	1. Implementar un PIT en bajante de producción configurado a un SDMC con alarmas por alta y baja presión	
	2. Bloqueo o restricción aguas arriba (Cierre de válvula manual por error humano en arreglo típico de producción)	1. Pérdida de producción, con posible abatimiento de pozos	1. Ninguna	2	1	D	2	1	D	2	1	D	2	2	D	2	1	D		
	3. Apertura del By-Pass de la PSV a la salida de los separadores MBF-201/203/203 por error humano	1. Venteo de gas a la atmosfera con posible formación de nube tóxica con daño al personal y a la instalación	2. Baja presión de succión del compresor con paro de compresor	1. Señal de alarma por baja presión de compresor	3	1	D	3	3	C	3	1	D	3	1	D	3	1	D	2. Implementar un PIT en separadores de prueba y totales configurado a un SDMC con alarmas por alta y baja presión
		2. Pérdida de producción		2. Protecciones propias del compresor																
	4. No Hay suministro de gas lift para la estimulación de pozos	1. Pérdida de producción	1. Ninguna	3	1	D	3	1	D	3	1	D	3	1	D	3	1	D		
3. Más Temperatura	1. Sin causas de interés en este nodo																			



Tabla 3.3 -1. Ponderación de los Riesgos Identificados Mediante la Metodología HazOp.

Nodo: 1. Línea de producción, manifold de producción y separadores de prueba y de totales MBD-201-203.

ID Equipos: Inicia en línea de producción de 2" en pozos 5XD,9D,11D, manifold de producción de 6" hacia separadores de prueba y totales MBD-201-203, salida de gas de 3" y manifold de gas de 6" hasta válvula de 12" en scrubber de succión de compresor.

Condiciones de Diseño/Parámetros: Presión Op: (psi):20-40

Temperatura Op: (°F):60-70

Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Daño al Personal			Impacto Ambiental			Daño Instalación			Pérdida Producción			Efectos Población			Recomendaciones
				F	DP	MR	F	IA	MR	F	DI	MR	F	PP	MR	F	EP	MR	
4. Menos Temperatura	1. Sin causas de interés en este nodo																		
5. Más Flujo	1. Sin causas de interés en este nodo																		
6. No/Menos Flujo	1. Sin causas de interés en este nodo																		
7. Más Nivel	1. Cierre de válvula LV por falla del lazo de control en línea de salida de separadores MBF-201/203/203.	1. Aumento de nivel con posible arrastre de hidrocarburo hacia el MBF-301	1. Ninguna	3	1	D	3	1	D	3	2	C	3	2	C	3	1	D	3. Implementar un LIT en tanques MBD-201-203 configurado a un SDMC con alarmas por alto y bajo flujo
	2. Taponamiento del filtro en línea de crudo a la salida de separadores MBF-201/203/203.	1. Aumento de nivel con posible arrastre de hidrocarburo hacia el MBF-301	1. Ninguna	2	1	D	2	1	D	2	2	D	2	2	D	2	1	D	4. Instalar una PDAH en filtro MAJ-201-203 en la línea de salida de separadores
	3. Cierre de válvula manual de 4" EF-20001 por error humano en línea de salida hacia tanque trapezoidal ABJ-601	1. Aumento de nivel con posible arrastre de hidrocarburo hacia el MBF-301	1. Ninguna	2	1	D	2	1	D	2	2	D	2	2	D	2	1	D	
8. Menos Nivel	1. Apertura de válvula LV por falla del lazo de control en línea de salida de los separadores MBF-201/203/203.	1. Caída de presión en el MBF-301 con paro de compresor y pérdida de producción	1. Ninguna	3	1	D	3	1	D	3	2	C	3	2	C	3	1	D	3. Implementar un LIT en tanques MBD-201-203 configurado a un SDMC con alarmas por alto y bajo flujo



Tabla 3.3 -1. Ponderación de los Riesgos Identificados Mediante la Metodología HazOp.

Nodo: 1. Línea de producción, manifold de producción y separadores de prueba y de totales MBD-201-203.

ID Equipos: Inicia en línea de producción de 2" en pozos 5XD,9D,11D, manifold de producción de 6" hacia separadores de prueba y totales MBD-201-203, salida de gas de 3" y manifold de gas de 6" hasta válvula de 12" en scrubber de succión de compresor.

Condiciones de Diseño/Parámetros: Presión Op: (psi):20-40

Temperatura Op: (°F):60-70

Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Daño al Personal			Impacto Ambiental			Daño Instalación			Pérdida Producción			Efectos Población			Recomendaciones
				F	DP	MR	F	IA	MR	F	DI	MR	F	PP	MR	F	EP	MR	
		2. Arrastre de gas amargo hacia tanque trapezoidal ABJ-601 con posible formación de nube tóxica																	12. Implementar un sistema de candados para el By-Pass con rotulación legible indicando normalmente Cerrada
	2. Apertura de válvula manual de 2" por error humano en línea de drenaje del MBF-201/203/203.	1. Arrastre de gas amargo hacia tanque trapezoidal ABJ-601 con posible formación de nube tóxica	1. Ninguna	2	1	D	2	1	D	2	2	D	2	2	D	2	1	D	



Tabla 3.3-2 Ponderación de los Riesgos Identificados Mediante la Metodología HazOp.

Nodo: 2. Scrubber de succión de compresor CAS-401

ID Equipos: Inicia en válvula de 12" en entrada a scrubber de succión del compresor MBF-301, línea de salida de gas de 8" hacia filtros MAJ-302A/B hacia succión de compresor, salida de crudo hasta válvula LV de control de nivel.

Condiciones de Diseño/Parámetros: MBF-301:

Presión Op: (psi):20-40

Temperatura Op: (°F):60-70

Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Daño al Personal			Impacto Ambiental			Daño Instalación			Pérdida Producción			Efectos Población			Recomendaciones
				F	DP	MR	F	IA	MR	F	DI	MR	F	PP	MR	F	EP	MR	
1. Más Presión	1. Cierre de válvula manual en línea de 6" a la entrada del compresor CAS-401	1. Sobrepresión en el MBF-301 con fuga de gas amargo y posible formación de nube tóxica, incendio y explosión con daño al personal medio ambiente y a la instalación.	1. PCV 30110 en línea de 6-VC-SP-30103-CB20-8 hacia el sistema de venteo	2	1	D	2	1	D	2	2	D	2	2	D	2	1	D	5. Implementar un PIT en el compresor CAS-401 configurado a un SDMC con alarmas por alta y baja presión
		2. No hay alimentación de gas de arranque para compresor CAS-401 con paro de máquina	2. PSV-30102																
		3. Pérdida de producción																	
	2. Cierre de válvula PCV-30106 a la entrada del compresor CAS-401	1. Sobrepresión en el MBF-301 con fuga de gas amargo y posible formación de nube tóxica, incendio y explosión con daño al personal medio ambiente y a la instalación.	1. PCV 30110 en línea de 6-VC-SP-30103-CB20-8 hacia el sistema de venteo	2	1	D	2	1	D	2	2	D	2	2	D	2	1	D	
		2. No hay alimentación de gas de arranque para compresor CAS-401 con paro de máquina	2. PSV-30102																
		3. Pérdida de producción																	



Tabla 3.3-2 Ponderación de los Riesgos Identificados Mediante la Metodología HazOp.

Nodo: 2. Scrubber de succión de compresor CAS-401

ID Equipos: Inicia en válvula de 12" en entrada a scrubber de succión del compresor MBF-301, línea de salida de gas de 8" hacia filtros MAJ-302A/B hacia succión de compresor, salida de crudo hasta válvula LV de control de nivel.

Condiciones de Diseño/Parámetros: MBF-301:

Presión Op: (psi):20-40

Temperatura Op: (°F):60-70

Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Daño al Personal			Impacto Ambiental			Daño Instalación			Pérdida Producción			Efectos Población			Recomendaciones
				F	DP	MR	F	IA	MR	F	DI	MR	F	PP	MR	F	EP	MR	
3. Paro de compresor CAS-401 por falla mecánica		1. Sobrepresión en el MBF-301 con fuga de gas y posible formación de nube tóxica, incendio y explosión con daño al personal medio ambiente y a la instalación.	1. PCV 30110 en línea de 6-VC-SP-30103-CB20-8 hacia el sistema de venteo	3	1	D	3	1	D	3	1	D	3	2	C	3	1	D	7. Implementar un PIT en separador MBF-301 configurado a un SDMC con alarmas por alta y baja presión
		2. No hay alimentación de gas de arranque para compresor ocasionando paro de máquina	2. PSV-30102																
		3. Pérdida de producción																	
2. Menos Presión	1. Cierre de válvula manual por error humano BF-30101 en la línea de gas 12"-SP1-20004-CB20-B a la entrada del Scrubber MBF-301	1. No hay alimentación de gas de arranque para compresor CAS-401 con paro de máquina	1. Ninguna	2	1	D	2	1	D	2	1	D	2	2	D	2	1	D	5. Implementar un PIT en el compresor CAS-401 configurado a un SDMC con alarmas por alta y baja presión
		2. Pérdida de producción																	
	2. Apertura de válvula PCV-30110 en línea de venteo	1. No hay alimentación de gas de arranque para compresor CAS-401 con paro de máquina	1. Ninguna	2	1	D	2	2	D	2	1	D	2	1	D	2	1	D	
		2. Pérdida de producción																	



Tabla 3.3-2 Ponderación de los Riesgos Identificados Mediante la Metodología HazOp.

Nodo: 2. Scrubber de succión de compresor CAS-401

ID Equipos: Inicia en válvula de 12" en entrada a scrubber de succión del compresor MBF-301, línea de salida de gas de 8" hacia filtros MAJ-302A/B hacia succión de compresor, salida de crudo hasta válvula LV de control de nivel.

Condiciones de Diseño/Parámetros: MBF-301:

Presión Op: (psi):20-40

Temperatura Op: (°F):60-70

Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Daño al Personal			Impacto Ambiental			Daño Instalación			Pérdida Producción			Efectos Población			Recomendaciones
				F	DP	MR	F	IA	MR	F	DI	MR	F	PP	MR	F	EP	MR	
	3. Válvula PSV-30102 calzada del Scrubber MBF-301	1. Venteo de gas amargo a la atmosfera con posible formación de nube tóxica, incendio y explosión con daño al personal medio ambiente y a la instalación. 2. Pérdida de producción	1. Ninguna	3	1	D	3	1	D	3	1	D	3	1	D	3	1	D	
3. Más Temperatura	1. Sin causas de interés en este nodo																		
4. Menos Temperatura	1. Sin causas de interés en este nodo																		
5. Más Flujo	1. Sin causas de interés en este nodo																		
6. No/Menos Flujo	1. Sin causas de interés en este nodo																		
7. Más Nivel	1. Cierre de válvula LV 30104 por falla en lazo de control en línea de descarga de crudo del Scrubber MBF-301	1. Aumento de nivel con posible arrastre de crudo y daño mecánico al compresor 2. Paro de compresor con pérdida de producción 3. Taponamiento de filtros MAJ-302A/B	1. Ninguna	3	1	D	3	1	D	3	1	D	3	2	C	3	1	D	8. Implementar un LIT en el MBF-301 configurado a un SDMC con alarmas por alto y bajo flujo.



Tabla 3.3-2 Ponderación de los Riesgos Identificados Mediante la Metodología HazOp.

Nodo: 2. Scrubber de succión de compresor CAS-401

ID Equipos: Inicia en válvula de 12" en entrada a scrubber de succión del compresor MBF-301, línea de salida de gas de 8" hacia filtros MAJ-302A/B hacia succión de compresor, salida de crudo hasta válvula LV de control de nivel.

Condiciones de Diseño/Parámetros: MBF-301:

Presión Op: (psi):20-40

Temperatura Op: (°F):60-70

Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Daño al Personal			Impacto Ambiental			Daño Instalación			Pérdida Producción			Efectos Población			Recomendaciones
				F	DP	MR	F	IA	MR	F	DI	MR	F	PP	MR	F	EP	MR	
	2. Cierre de válvula manual BF-30102 de 2" en línea de descarga de crudo por error humano del Scrubber MBF-301	1. Aumento de nivel con posible arrastre de crudo y daño mecánico al compresor 2. Paro de compresor con pérdida de producción	1. Ninguna	2	1	D	2	1	D	2	1	D	2	2	D	2	1	D	
8. Menos Nivel	1. Apertura de la válvula LV 30104 por falla en lazo de control en la línea de descarga de crudo del Scrubber MBF-301	1. Baja presión a la succión de compresor con paro de máquina	1. Shut Down de compresor por baja presión	3	1	D	3	1	D	3	1	D	3	2	C	3	1	D	8. Implementar un LIT en el MBF-301 configurado a un SDMC con alarmas por alto y bajo flujo.
		2. Pérdida de producción con pérdida económica																	
	2. Apertura de válvula GF-30103 del By pass en descarga de salida a drenaje del Scrubber MBF-301	1. Baja presión a la succión de compresor con paro de máquina 2. Pérdida de producción con pérdida económica	1. Shut Down de compresor por baja presión	2	1	D	2	1	D	2	1	D	2	2	D	2	1	D	



Tabla 3.3-3 Ponderación de los Riesgos Identificados Mediante la Metodología HazOp.

Nodo: 3. Compresor CAS-401

Condiciones de Diseño/Parámetros: Presión de succión/descarga del compresor (psi):20-40/920

ID Equipos: Inicia en compresor de gas CAS-401, línea de descarga de 3", incluye scrubber de gas lift MBF-302, línea de salida de condensados hasta válvula de nivel LV-30204, incluye línea de 3" hacia manifold de distribución de gas lift, línea de 2" hacia el manifold de gas lift a pozos terminando en compresor de estimulación de pozos.

Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Daño al Personal			Impacto Ambiental			Daño Instalación			Pérdida Producción			Efectos Población			Recomendaciones
				F	DP	MR	F	IA	MR	F	DI	MR	F	PP	MR	F	EP	MR	
1. Más Presión	1. Cierre de válvula manual de 3" BF-30201 por error humano en la línea de salida de compresor CAS-401	1. Sobrepresión en línea de descarga de compresor con fuga en uniones bridadas con posible formación de nube tóxica, incendio y explosión con daño al personal medio ambiente y a la instalación.	1. PAH por alta presión (PAH propia del equipo)	2	2	D	2	2	D	2	2	D	2	2	D	2	1	D	
		2. Pérdida de producción y económica por falta de suministro de gas para estimular pozos																	
	2. Cierre de válvula manual de 3" BF-40005 por error humano en línea de envío de gas a Manifold de gas lift	1. Sobrepresión en línea de descarga de compresor con fuga en uniones bridadas con posible formación de nube tóxica, incendio y explosión con daño al personal medio ambiente y a la instalación.	1. PSV-30202 en el tanque MBF-302	2	2	D	2	2	D	2	2	D	2	2	D	2	1	D	
		2. Pérdida de producción y económica por falta de suministro de gas para estimular pozos	2. Paro de compresor por alta presión																
2. Menos Presión	1. Paro de compresor CAS-401 por falla mecánica	1. No hay envío de gas lift para estimulación de pozos, con pérdida de producción y pérdida económica	1. Ninguna	2	1	D	2	1	D	2	1	D	2	2	D	2	1	D	5. Implementar un PIT en el compresor CAS-401 configurado a un SDMC con alarmas por alta y baja presión



Tabla 3.3-3 Ponderación de los Riesgos Identificados Mediante la Metodología HazOp.

Nodo: 3. Compresor CAS-401

Condiciones de Diseño/Parámetros: Presión de succión/descarga del compresor (psi):20-40/920

ID Equipos: Inicia en compresor de gas CAS-401, línea de descarga de 3", incluye scrubber de gas lift MBF-302, línea de salida de condensados hasta válvula de nivel LV-30204, incluye línea de 3" hacia manifold de distribución de gas lift, línea de 2" hacia el manifold de gas lift a pozos terminando en compresor de estimulación de pozos.

Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Daño al Personal			Impacto Ambiental			Daño Instalación			Pérdida Producción			Efectos Población			Recomendaciones
				F	DP	MR	F	IA	MR	F	DI	MR	F	PP	MR	F	EP	MR	
	2. Válvula PSV-30202 calzada del Scrubber MBF-302 cuando no se requiere	1. Venteo de gas amargo a la atmosfera con posible formación de nube tóxica, incendio y explosión con daño al personal medio ambiente y a la instalación.	1. Ninguna	3	1	D	3	1	D	3	1	D	3	1	D	3	1	D	
		2. No hay envío de gas lift para estimulación de pozos, con pérdida de producción y pérdida económica																	
	3. Válvula PCV-40201/40301 calzada del MBF-302	1. Descenso de presión hacia estimulación de pozos con posible pérdida de producción y económica	1. PSV-40202	3	1	D	3	1	D	3	1	D	3	1	D	3	1	D	
		2. Sobrepresión en tanque MBL-402/403	2. PSV-40302																
3. Más Temperatura	1. Sin causas de interés en este nodo																		
4. Menos Temperatura	1. Sin causas de interés en este nodo																		
5. Más Flujo	1. Sin causas de interés en este nodo																		
6. No/Menos Flujo	1. Sin causas de interés en este nodo																		
7. Más Nivel	1. Cierre de válvula de nivel LV-30204 por falla del lazo de control del MBF-302	1. Arrastre de condensados a compresor de pozos	1. Ninguna	3	1	D	3	1	D	3	1	D	3	1	D	3	1	D	
		2. Pérdida de producción con pérdida económica																	



Tabla 3.3-3 Ponderación de los Riesgos Identificados Mediante la Metodología HazOp.

Nodo: 3. Compresor CAS-401

Condiciones de Diseño/Parámetros: Presión de succión/descarga del compresor (psi):20-40/920

ID Equipos: Inicia en compresor de gas CAS-401, línea de descarga de 3", incluye scrubber de gas lift MBF-302, línea de salida de condensados hasta válvula de nivel LV-30204, incluye línea de 3" hacia manifold de distribución de gas lift, línea de 2" hacia el manifold de gas lift a pozos terminando en compresor de estimulación de pozos.

Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Daño al Personal			Impacto Ambiental			Daño Instalación			Pérdida Producción			Efectos Población			Recomendaciones
				F	DP	MR	F	IA	MR	F	DI	MR	F	PP	MR	F	EP	MR	
	2. Cierre de válvula BF-30202 de 2" en línea de descarga de condensados por error humano del MBF-302	1. Arrastre de condensados a compresor de pozos 2. Pérdida de producción con pérdida económica	1. Ninguna	2	1	D	2	1	D	2	1	D	2	2	D	2	1	D	
8. Menos Nivel	1. Apertura de válvula de nivel LV-30204 por falla del lazo de control del MBF-302	1. Descenso en la producción con pérdida económica por falta de presión en el suministro de gas lift para la estimulación de pozos. 2. Envío de gas a Manifold de producción	1. Ninguna	3	1	D	3	1	D	3	1	D	3	2	C	3	1	D	6. Implementar un LIT en el MBF-302 configurado a un SDMC con alarmas por alto y bajo flujo.
	2. Apertura de válvula de 2" de by pass (GF-30203) por error humano del MBF-302	1. Descenso en la producción con pérdida económica por falta de presión en el suministro de gas lift para la estimulación de pozos. 2. Envío de gas a Manifold de producción	1. Ninguna	2	1	D	2	1	D	2	1	D	2	2	D	2	1	D	



Tabla 3.3-4 Ponderación de los Riesgos Identificados Mediante la Metodología HazOp

Nodo: 4. Almacenamiento de crudo (Tanque trapezoidal) ABJ-601

ID Equipos: Inicia a partir de válvulas de nivel LV en separadores de prueba y totales, línea de 3" hasta la interconexión con el cabezal línea 4"-HL-SP1-20002-CB20-B de envío de crudo-agua hacia tanque trapezoidal, tanque trapezoidal ABJ-601 y línea de salida de 8"-HL-SP1-60101-CB20-B, incluye filtros y bomba PBA-601 hasta línea de salida

Condiciones de Diseño/Parámetros: Presión Op: (psi):atm

Temperatura Op: (°F):atm

Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Daño al Personal			Impacto Ambiental			Daño Instalación			Pérdida Producción			Efectos Población			Recomendaciones
				F	DP	MR	F	IA	MR	F	DI	MR	F	PP	MR	F	EP	MR	
1. Más Presión	1. Cierre de válvula manual de 8" por error humano EF-60111 en línea de descarga de bomba PBA-601	1. Sobrepresión en línea de descarga de la bomba con posible fuga de aceite en uniones bridadas y posible formación de nube tóxica, explosión, incendio al personal medio ambiente y a las instalaciones.	1. PAHH-60102	2	1	D	2	1	D	2	1	D	2	2	D	2	1	D	
		2. Daño a la bomba PBA-601	2. PSHL-60102																
		3. Incremento de nivel en el ABJ-601 (ver desviación de más nivel en este nodo)																	
2. Cierre de válvula EF-6019 por error humano a la succión de la bomba PBA-601	1. Aumento de nivel en tanque, con derrame de crudo y daño al medio ambiente (ver causas de más nivel en este nodo)	1. PAL -60101	1. PAL -60101	2	1	D	2	1	D	2	1	D	2	2	D	2	1	D	
		2. Daño a la bomba PBA-601	2. PSL-60101																
3. Expansión térmica por condiciones climatológicas	1. Posible daño mecánico del tanque ABJ-601, con derrame de crudo y daño al medio ambiente	1. PVSV-60101 2. PSE-60102	1. PVSV-60101 2. PSE-60102	4	1	D	4	1	D	4	1	D	4	1	D	4	1	D	



Tabla 3.3-4 Ponderación de los Riesgos Identificados Mediante la Metodología HazOp

Nodo: 4. Almacenamiento de crudo (Tanque trapezoidal) ABJ-601

ID Equipos: Inicia a partir de válvulas de nivel LV en separadores de prueba y totales, línea de 3" hasta la interconexión con el cabezal línea 4"-HL-SP1-20002-CB20-B de envío de crudo-agua hacia tanque trapezoidal, tanque trapezoidal ABJ-601 y línea de salida de 8"-HL-SP1-60101-CB20-B, incluye filtros y bomba PBA-601 hasta línea de salida

Condiciones de Diseño/Parámetros: Presión Op: (psi):atm

Temperatura Op: (°F):atm

Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Daño al Personal			Impacto Ambiental			Daño Instalación			Pérdida Producción			Efectos Población			Recomendaciones
				F	DP	MR	F	IA	MR	F	DI	MR	F	PP	MR	F	EP	MR	
2. Menos Presión	1. Taponamiento del filtro MAJ-601 de canasta de succión de bomba	1. Cavitación de bomba PBA-601, con derrame de crudo y daño al medio ambiente.	1. PAL -60101	4	1	D	4	1	D	4	1	D	4	1	D	4	1	D	9. Implementar un PIT en el filtro tipo canasta MAJ-601 configurado a un SDMC con una PDAH.
		2. aumento de nivel en tanque (Ver desviación de más nivel en este nodo)	2. PALL- 60101																
	2. Apertura de válvula de presión-vacío PVSV-60101 del tanque ABJ-601	1. Venteo de gas a la atmósfera y daño a tanque con posible formación de nube tóxica con daño al personal y a la instalación	1. Ninguna	3	2	C	3	2	C	3	2	C	3	1	D	3	1	D	10. Instalar sistemas de detección de gas tóxico.
3. Más Nivel	1. Paro de bomba PBA-601	1. Aumento de nivel en tanque, con derrame de crudo con posible formación de nube tóxica con daño al personal, a la instalación y daño al medio ambiente	1. LAH del tanque ABJ-601	3	1	D	3	1	D	3	1	D	3	1	D	3	1	D	
	2. Taponamiento del filtro MAJ-601 de canasta de succión	1. Aumento de nivel en tanque, con derrame de crudo con posible formación de nube tóxica con daño al personal, a la instalación y daño al medio ambiente	1. LAH del tanque ABJ-601	4	1	D	4	1	D	4	1	D	4	1	D	4	1	D	9. Implementar un PIT en el filtro tipo canasta MAJ-601 configurado a un SDMC con una PDAH.



Tabla 3.3-4 Ponderación de los Riesgos Identificados Mediante la Metodología HazOp

Nodo: 4. Almacenamiento de crudo (Tanque trapezoidal) ABJ-601

ID Equipos: Inicia a partir de válvulas de nivel LV en separadores de prueba y totales, línea de 3" hasta la interconexión con el cabezal línea 4"-HL-SP1-20002-CB20-B de envío de crudo-agua hacia tanque trapezoidal, tanque trapezoidal ABJ-601 y línea de salida de 8"-HL-SP1-60101-CB20-B, incluye filtros y bomba PBA-601 hasta línea de salida

Condiciones de Diseño/Parámetros: Presión Op: (psi):atm

Temperatura Op: (°F):atm

Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Daño al Personal			Impacto Ambiental			Daño Instalación			Pérdida Producción			Efectos Población			Recomendaciones
				F	DP	MR	F	IA	MR	F	DI	MR	F	PP	MR	F	EP	MR	
	3. Cierre de válvula manual de 8" por error humano EF-60111 en línea de descarga de bomba PBA-601	1. Daño a la bomba PBA-601	1. LAH del tanque ABJ-601	2	1	D	2	1	D	2	1	D	2	1	D	2	1	D	
		2. Incremento de nivel en el ABJ-601, con derrame de crudo con posible formación de nube tóxica con daño al personal, a la instalación y daño al medio ambiente																	
	4. Cierre de válvula EF-60109 por error humano a la succión de la bomba PBA-601	1. Aumento de nivel en tanque, con derrame de crudo y daño al medio ambiente (ver causas de más nivel en este nodo)	1. LAH del tanque ABJ-601	2	1	D	2	1	D	2	1	D	2	1	D	2	1	D	
4. Menos Nivel	1. Apertura de válvula manual de drenaje EF-60101 por error humano del tanque ABJ-601	1. Posible saturación de tanques de residuos MBH-305	1. PVSV-60101	2	1	D	2	1	D	2	1	D	2	1	D	2	1	D	
		2. Formación de vacío con daño mecánico a tanque ABJ-601	2. LAL del tanque ABJ-601																
	2. Cierre de válvula manual de 4" en la línea de salida de separadores MBD-201/202/203	1. Cavitación de bomba PBA-601	1. LAL del tanque ABJ-601	2	1	D	2	1	D	2	1	D	2	1	D	2	1	D	



Tabla 3.3-5 Ponderación de los Riesgos Identificados Mediante la Metodología HazOp

Nodo: 5. Línea de gas de inyección de alta presión a pozos

ID Equipos: Inicia en la llegada de línea de 3" desde Plataforma SP1A y línea de inyección de 3" a pozos inyectoros.
 Condiciones de Diseño/Parámetros: Presión Op: (psi): 3,475

Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Daño al Personal			Impacto Ambiental			Daño Instalación			Pérdida Producción			Efectos Población			Recomendaciones
				F	DP	MR	F	IA	MR	F	DI	MR	F	PP	MR	F	EP	MR	
1. Más Presión	1. Cierre de válvula manual de 3" por error humano en línea de inyección a pozos.	1. Sobrepresión en línea de inyección de gas de alta presión con posible fuga de gas y posible formación de nube tóxica, incendio o explosión, daño al personal, daño a instalación y al medio ambiente	1. Ninguna	2	3	C	2	3	C	2	3	C	2	2	D	2	2	D	11. Implementar un PIT en línea de alimentación de gas hacia pozos SPI-POZO 1SXT y SPI-POZO 10 DST configurado al SDMC con alarmas por alta y baja presión.
		2. No hay inyección de gas para estimación de pozos con pérdida de producción y posible abatimiento de pozos																	
	2. Bloqueo o restricción de la válvula de estrangulamiento aguas arriba del manifold de inyección de gas.	1. Sobrepresión en línea de inyección de gas de alta presión aguas arriba del manifold de inyección de gas, con posible fuga de gas y posible formación de nube tóxica, incendio o explosión, daño al personal, daño a instalación y al medio ambiente	1. Ninguna	2	3	C	2	3	C	2	3	C	2	2	D	2	2	D	11. Implementar un PIT en línea de alimentación de gas hacia pozos SPI-POZO 1SXT y SPI-POZO 10 DST configurado al SDMC con alarmas por alta y baja presión.
		2. No hay inyección de gas para estimación de pozos con pérdida de producción y posible abatimiento de pozos																	
2. Menos Presión	1. Falla de compresor en plataforma de compresión	1. No hay inyección de gas para estimación de pozos con pérdida de producción y posible abatimiento de pozos	1. Ninguna	3	1	D	3	1	D	3	1	D	3	1	D	3	1	D	



Tabla 3.3-5 Ponderación de los Riesgos Identificados Mediante la Metodología HazOp

Nodo: 5. Línea de gas de inyección de alta presión a pozos

ID Equipos: Inicia en la llegada de línea de 3" desde Plataforma SP1A y línea de inyección de 3" a pozos inyectoros.
 Condiciones de Diseño/Parámetros: Presión Op: (psi): 3,475

Desviación	Causas	Consecuencias	Salvaguardas	Daño al Personal			Impacto Ambiental			Daño Instalación			Pérdida Producción			Efectos Población			Recomendaciones
				F	DP	MR	F	IA	MR	F	DI	MR	F	PP	MR	F	EP	MR	
3. Más Temperatura	1. Sin causas de interés en este nodo																		
4. Menos Temperatura	1. Sin causas de interés en este nodo																		
5. Más Flujo	1. Sin causas de interés en este nodo																		
6. No/Menos Flujo	1. Sin causas de interés en este nodo																		
7. Más Nivel	1. Sin causas de interés en este nodo																		
8. Menos Nivel	1. Sin causas de interés en este nodo																		

Como alcance de este documento se hace mención únicamente a aquellas desviaciones de proceso identificadas y que impliquen la pérdida de contención de la materia peligrosa a manejar y que fueron identificados a través de la metodología HazOp, los cuales son susceptibles a una evaluación detallada de sus consecuencias a través del modelo de simulación Phast. 7.11., cuyos resultados podrán ser visualizados en el capítulo siguiente.



Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la
Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)



CAPÍTULO IV

ANALISIS DE CONSECUENCIAS



4.1 Tipificación de Escenarios

Los criterios y datos que se consideraron para la estimación de consecuencias y que fueron alimentadas al simulador, así como los resultados de las consecuencias obtenidas a partir de la simulación con el software se presentan en las siguientes secciones, en tanto que los resultados arrojados por el programa de simulación PHAST 7.11 correspondientes para la instalación a estudiar se desarrolla en el punto 4.20 dentro del presente capítulo.

Es importante señalar que en apego a lo descrito en la bibliografía utilizada como referencia durante la elaboración de este documento: Guía técnica para realizar Análisis de Riesgo de Proceso con clave 800-16400-DCO-GT-75, del 2012, así como del documento denominado Criterios técnicos para simular escenarios de riesgo por fugas y derrames de sustancias peligrosas, en instalaciones de Petróleos Mexicanos con clave DCO-GDOESSSPA-CT-001, Rev. 1, en la tabla siguiente podrán observarse la tipificación de los escenarios que se utilizará para la clasificación de todos aquellos eventos identificados como parte de este documento:

- **Peor caso.-** Corresponde a la liberación accidental del mayor inventario del material o sustancia peligrosa contenida en un recipiente, línea de proceso o ducto, la cual resulta en la mayor distancia hasta alcanzar los límites de toxicidad, sobrepresión o radiación térmica, de acuerdo a los criterios para definir las zonas intermedias de salvaguarda al entorno de la instalación.
- **Caso más probable.-** Con base en la experiencia operativa, es el evento de liberación accidental de un material o sustancias peligrosa, que tiene la mayor probabilidad de ocurrir.
- **Caso alterno.-** Es el evento creíble de una liberación accidental de un material o sustancias peligrosa que es simulado, pero que no corresponde al peor caso y al caso más probable.



Como se ha mencionado anteriormente una vez llevada a cabo la selección de los escenarios derivados de la aplicación de la metodología de identificación de riesgos siendo estos aquellos que se encuentran en una zona de riesgo no tolerable y considerando aquellos escenarios donde se ve afectado el personal , en la tabla 4.1-1 se muestran los escenarios hipotéticos que serán tomados como base para el análisis detallado de sus consecuencias con el apoyo de la herramienta informática PHAST 7.11, así mismo en base a los resultados cuantitativos serán tomados en cuenta para la determinación del Nivel de Integridad de Seguridad de la Plataforma de Producción San Pedro 1.

Tabla 4.1-1 Tipificación de Escenarios Identificados.

Escenario	Referencia HAZOP:	Hipótesis de los escenarios	Tipificación del evento final
Nodo: 1 Línea de producción, manifold de producción y separadores de prueba y de totales MBD-201-203.			
EI.01	1.1.2.1	Fuga de Hidrocarburos debido a una sobrepresión en línea de producción, manifold de producción (Separadores de prueba y separador de Totales), con posible formación de nube tóxica, incendio, explosión con daño al personal, medio ambiente y a las instalaciones debido a la apertura por falla mecánica de la válvula de estrangulamiento.	Más Probable.
EI.02	1.1.2.3	Venteo de gas amargo a la atmosfera con posible formación de nube tóxica con daño al personal y a la instalación derivado de la apertura del By-Pass de la PSV a la salida de los separadores MBF-201/203/203 por error humano	Más Probable.
Nodo: 2 Scrubber de succión de compresor CAS-401			
EI.03	2.1.1.1	Fuga de gas amargo debido a una sobrepresión en el MBF-301 con posible formación de nube tóxica, incendio y explosión con daño al personal medio ambiente y a la instalación derivado del paro de compresor por falla mecánica CAS-401.	Más Probable
Nodo: 3 Compresor CAS-401			



EI.04	3.1.1.1	Fuga de Gas amargo en uniones bridadas debido a una sobrepresión en línea de descarga del compresor, con posible formación de nube tóxica, incendio, explosión con daño al personal, medio ambiente y a las instalaciones debido al cierre de la válvula manual BF-30201 por error humano	Más Probable
Nodo 4: Almacenamiento de crudo (Tanque trapezoidal) ABJ-601			
EI.05	4.3.1.1	Venteo de Gas amargo derivado de la Apertura de la válvula de presión vacío PVSV-60101 con daño a tanque con posible formación de nube tóxica con daño al personal y a la instalación	Más Probable
Nodo: 5 Línea de gas de inyección de alta presión a pozos			
EI.06	5.1.1.1	Fuga de Gas amargo debido a una Sobrepresión en línea de inyección de gas de alta presión; con formación de nube tóxica, incendio, explosión con daño al personal, medio ambiente y a las instalaciones derivado del cierre de la válvula manual de 3"	Más Probable
EI.07	5.1.2.1	Fuga de Gas amargo debido a una Sobrepresión en línea de inyección de gas de alta presión; con formación de nube tóxica, incendio, explosión con daño al personal, medio ambiente y a las instalaciones derivado del Bloqueo o restricción de la válvula de estrangulamiento	Más Probable

4.2 Criterios Utilizados para Determinar Diámetro de Orificio, Tiempos de Fuga y Estabilidad Atmosférica, así como la Descripción de los Escenarios.

Tal como se ha indicado con anterioridad, para el desarrollo de este documento se ha utilizado como referencia lo indicado en el documento: Criterios Técnicos para simular escenarios de riesgo por fugas y derrames de sustancias peligrosas con clave DCO-GDOESSPA-CT-001, para determinar los diámetros de fugas se seguirá el siguiente criterio:



Tabla 4.2-1 Criterios para Asignar diámetros de orificio

Tipo de caso	Tipo de sustancias	Criterios a considerar	
Pero caso	Tóxica	En forma de gas: Fuga total del inventario en 10 minutos (1).	Condiciones ambientales y tipo de área de localización de la instalación. Condiciones meteorológicas al momento de la fuga del material o sustancia peligrosa. Diámetro equivalente de fuga. Se toman en cuenta los sistemas de seguridad pasivos y activos.
	Inflamable explosiva	En forma líquida: Ruptura catastrófica del recipiente o ruptura de línea de proceso o ducto.(1)(2)	
Caso alterno	Tóxicas inflamables explosivas	e Ruptura catastrófica del recipiente o ruptura de línea de proceso o ducto(2)	
Caso más probable	Tóxicas inflamables explosivas	e	Condiciones ambientales y tipo de área de localización de la instalación. Condiciones meteorológicas al momento de la fuga del material o sustancia peligrosa. Diámetro equivalente de fuga. Se toman en cuenta los sistemas de seguridad pasivos y activos.

(1) Considerar que la fuga ocurre al nivel del piso.

(2) El inventario que se fuga en líneas de proceso será calculado tomando como referencia los resultados del flujo de salida estimado por Phast, el cual será asociado a un tiempo máximo de 1800 seg., dando el total del inventario a fugan en un tiempo máximo de 30 minutos.

Se evaluaron los efectos máximos en caso de encontrarse una fuente de ignición. Con esto se determinaron las distancias de máxima afectación al entorno, observando las repercusiones en el personal, las instalaciones y el ambiente. Para llevar a cabo la modelación de los eventos de riesgo, se tomaron las siguientes consideraciones:

- Las características fisicoquímicas de la mezcla gas-crudo.
- Inventario liberado.
- Condiciones de Operación.
- Diámetro de fuga o escenario de falla.



Tabla 4.2-2 Criterios para Asignar Tiempos de Fuga

Sistemas automáticos	Tiempo de control	t fuga	Fuente
Detección de fuga con sistema automático de bloqueo (totalmente automático)	El tiempo de cierre de válvulas de bloqueo es de 2 minutos	2 minutos	Guideline for quantitative risk assessment, Purple book, CPR 18E, 2004, pag. 4.5.
Sistema de bloqueo a control remoto y detección de fuga automático. Detección directa a cuarto de control. El Operador valida la señal y el cierre se realiza por un swith en el cuarto de control.	El tiempo de cierre de válvulas de bloqueo es de 10 minutos	10 minutos	
Sistema de bloqueo Operado manualmente con detección automática de fuga. El Operador valida la señal y realiza el cierre de válvulas de bloqueo de manera local y manual.	El tiempo de cierre de válvulas de bloqueo es de 30 minutos.	30 minutos	

En base a la tabla 4.2-1 y a lo descrito en la tabla 4.2-2 de este apartado se señala lo siguiente:

Los tiempos de cierre para los eventos de fuga (caso más probable) estarán en función a los distintos sistemas de seguridad con los que cuente la Plataforma San Pedro 1 (Si existen), así como capas de protección existente en dicha plataforma, por lo que se consideró un tiempo máximo de 30 minutos (criterio tomado de la tabla 4.2-2) siendo este tiempo asignado para el cálculo de consecuencias en base a los criterios indicados por Guideline for quantitative risk assessment, Purple book, CPR 18E, 2004, pag 4.5.



4.3 Condiciones Ambientales y Tipo de Área de Localización de la Instalación.

Tabla 4.3-1 Criterios ambientales para simular los eventos de fuga

Para:	Peor Caso	Caso más probable	Caso alterno
Temperatura ambiente/ humedad			
Sustancias tóxicas	Utilizar la temperatura máxima alcanzada en los últimos tres años y la humedad relativa promedio en este mismo periodo. Si ambos datos no están disponibles, utilizar como temperatura ambiente 25°C y una humedad relativa del 50%.		Utilizar la temperatura ambiente y humedad relativa promedio, en los últimos tres años. Si ambos datos no están disponibles utilizar como temperatura ambiente 25°C y una humedad relativa del 50%.
Sustancias inflamables explosivas	Utilizar la temperatura ambiente y humedad relativa promedio, en los últimos tres años. Si ambos datos no están disponibles, utilizar como temperatura ambiente 25°C y una humedad relativa del 50%.		
Presión atmosférica			
La correspondiente en el sitio.			

Referencia: Criterios Técnicos para Simular Escenarios de Riesgo por Fugas y Derrames de Sustancias Peligrosas, en Instalaciones de Petróleos Mexicanos DCO-GDOESSPA-CT-001 Rev.1

4.4 Condiciones Meteorológicas al Momento de la Fuga del Material o Sustancia Peligrosa.

Debe elegirse una combinación de condiciones meteorológicas, de acuerdo a la velocidad y dirección del viento a la estabilidad atmosférica en el sitio (Condiciones de pasquill), de acuerdo a los siguientes criterios:

Tabla 4.4-1 Criterios para Simular los Eventos de Fuga

Para:	Peor Caso	Caso más probable	Caso alterno
Sustancias tóxicas, inflamables y explosivas.	Utilizar como velocidad del viento 1.5 m/s y una estabilidad de Pasquill categoría F. Sin embargo, si se puede demostrar, con base a datos meteorológicos de los tres últimos años, que la velocidad mínima del viento en el sitio es mayor que 1.5 y que la estabilidad atmosférica es menos estable que la categoría F, utilizar estos datos para las simulaciones.		
	Para la dirección del viento, utilizar la dirección promedio del viento en el sitio, en base a registros de los últimos tres años.		

Referencia: Criterios Técnicos para Simular Escenarios de Riesgo por Fugas y Derrames de Sustancias Peligrosas, en Instalaciones de Petróleos Mexicanos DCO-GDOESSPA-CT-001 Rev.1



Este documento hace referencia a las condiciones ambientales que imperan en la zona donde se ubica la plataforma San Pedro 1 (SP1) que fueron tomadas de datos meteorológicos promedio anual de estaciones de monitoreo del Servicio Nacional e Hidrología del Perú (SENAMHI) en Piura, para llevar a cabo la evaluación de consecuencias a través del software PHAST 7.11, asimismo se considera necesario el tomar como base el realizar la evaluación de consecuencias bajo las condiciones más críticas de velocidad del viento y estabilidad (1.5 m/seg./F) señaladas como condiciones más desfavorables.

4.5 Tipos de Área de Localización de la Instalación.

Este factor, en función de los obstáculos (árboles, edificios, densidad de instalaciones industriales), influye en cuanto a la probabilidad de confinamiento de nubes tóxicas o nubes inflamables – explosivas.

Tabla 4.5-1 Criterios de localización de los eventos

Costa adentro	Costa afuera
Área rural. No hay construcciones en el área inmediata y el terreno generalmente es plano y con pocos árboles.	Área marítima.
Área urbana. Implica muchos obstáculos en el área inmediata, incluidas las construcciones y los árboles.	-
Área industrial	-
Otra	-

Referencia: Criterios Técnicos para Simular Escenarios de Riesgo por Fugas y Derrames de Sustancias Peligrosas, en Instalaciones de Petróleos Mexicanos DCO-GDOESSSPA-CT-001 Rev.1

Como criterio general se considera un ambiente marino, ya que las instalaciones objeto de estudio se encuentran costa afuera.

4.6 Diámetro Equivalente de Fuga (DEF)

De manera general en el documento DCO-GDOESSSPA-CT-001 (Criterios Técnicos para simular escenarios de riesgo por fugas y derrames de sustancias peligrosas) en el cual indica que para el caso de analizar eventos que involucren fugas en líneas de proceso, ductos, bridas, sellos mecánicos en equipo rotatorio, sellos o empaquetaduras en válvulas de proceso, debe utilizarse el diámetro equivalente de fuga que resulte de



una estadística de fugas de los últimos cinco años, en caso contrario si no se cuenta con esta estadística, deben utilizarse los siguientes criterios mostrados en la tabla 4.6-2.

Tabla 4.6-1 Criterios para Asignar el diámetro de fuga

Para el caso alternativo	Líneas de proceso $\frac{3}{4}'' \leq DN \leq 2''$	DEF= 1.00 veces del diámetro nominal de la línea de proceso.
	Línea de proceso $2'' < DN \leq 4''$	DEF= 0.30 veces del diámetro nominal de la línea de proceso.
	Línea de proceso o ductos de transporte: $6'' \leq DN$	DEF= 0.20 veces del diámetro nominal de la línea de proceso.
	Bridas	Según el diámetro de la línea de proceso, aplican los criterios anteriores ($1.0*(DN)$, $0.3*(DN)$ y $0.2*(DN)$)
	Sellos mecánicos en equipo rotatorio de proceso	Para todos los tamaños de flechas DEF= Calcular con el 100% del área anular.
	Sellos o empaquetaduras en válvulas de proceso	Para todos los tamaños de vástagos DEF= Calcularlo con el 100% del área anular.
	El DEF en el cuerpo de un recipiente, será aquel que sea determinado por el grupo multidisciplinario de Análisis y evaluación de riesgos.	
Para el caso más probable	Líneas de proceso $\frac{3}{4}'' \leq DN \leq 2''$	DEF= 0.20 veces del diámetro nominal de la línea de proceso.
	Línea de proceso $2'' < DN \leq 4''$	DEF= 0.6" por corrosión, pérdida de material, golpe o falla en soldadura.
	Línea de proceso o ductos de transporte: $6'' \leq DN$	DEF= 0.75" para DN de 6" a 14" DEF= 1.25" para DN de 16" a 24" DEF= 2.0" para DN mayores a 30" (por corrosión, pérdida de material, golpe o falla en soldadura)
	Bridas	Aplican los mismos criterios de las líneas de proceso para los casos más probables.
	Sellos mecánicos en equipo rotatorio de proceso. Empaquetaduras en válvulas de proceso	DEF= Calcularlo con el 40% del área anular que resulte.
	El DEF en el cuerpo de un recipiente, será aquel que sea determinado por el grupo multidisciplinario de Análisis y evaluación de riesgos.	

Referencia: Criterios Técnicos para Simular Escenarios de Riesgo por Fugas y Derrames de Sustancias Peligrosas, en Instalaciones de Petróleos Mexicanos DCO-GDOESSPA-CT-001 Rev.1

En referencia a la tabla anterior y tomando como justificación los criterios establecidos, en la tabla siguiente se pueden observar los diámetros de fuga asignados a las hipótesis accidentales a estudiar.



Tabla 4.6-2. Diámetros de Orificio Resultantes.

Escenario	Descripción de la Hipótesis del Escenario	Tipificación de Evento Final	Diámetro de Fuga (in)
EI.01	Fuga de Hidrocarburos debido a una Sobrepresión en línea de producción, Manifold de producción (Separadores de prueba y separador de Totales), con posible formación de nube tóxica, incendio, explosión con daño al personal, medio ambiente y a las instalaciones debido a la apertura por falla mecánica de la válvula de estrangulamiento.	Más Probable	0.6
EI.02	Venteo de gas amargo a la atmosfera con posible formación de nube tóxica con daño al personal y a la instalación derivado de la apertura del By-Pass de la PSV a la salida de los separadores MBF-201/203/203 por error humano	Más Probable.	0.6
EI.03	Fuga de Gas amargo debido a una Sobrepresión en el MBF-301 con posible formación de nube tóxica, incendio y explosión con daño al personal medio ambiente y a la instalación derivado del paro de compresor por falla mecánica CAS-401.	Más Probable	0.75
EI.04	Fuga de Gas amargo en uniones bridadas debido a una sobrepresión en línea de descarga del compresor, con posible formación de nube tóxica, incendio, explosión con daño al personal, medio ambiente y a las instalaciones debido al cierre de la válvula manual BF-30201 por error humano	Más Probable	0.6
EI.05	Venteo de Gas amargo derivado de la Apertura de la válvula de presión vacío PVSV-60101 con daño a tanque con posible formación de nube tóxica con daño al personal y a la instalación	Más Probable	0.75
EI.06	Fuga de Gas amargo debido a una Sobrepresión en línea de inyección de gas de alta presión; con formación de nube tóxica, incendio, explosión con daño al personal, medio ambiente y a las instalaciones derivado del cierre de la válvula manual de 3"	Más Probable	0.6
EI.07	Fuga de Gas amargo debido a una Sobrepresión en línea de inyección de gas de alta presión; con formación de nube tóxica, incendio, explosión con daño al personal, medio ambiente y a las instalaciones derivado del Bloqueo o restricción de la válvula de estrangulamiento	Más Probable	0.6

4.7 Inventario de Fuga.

Al tener una masa propuesta se hace una simulación con los mismos parámetros establecidos en la simulación y el mismo programa nos otorga después la masa que se liberó. Esa misma masa es la que se ocupa para hacer las simulaciones correspondientes para cada escenario. Se toma esa masa otorgada por el programa porque es en si la única cantidad que se podría escapar por una fuga o ruptura.



Los inventarios de fuga estimados, así como los diversos criterios para realizar la evaluación de consecuencia podrán ser observados en la tabla 4.19-4.

Para el caso de la evaluación de consecuencias y en consideración al crudo marino y gas natural se estima la utilización una mezcla representativa, asimismo se señala que las condiciones representativas y de Operación utilizada son las que se encontrará operando la Plataforma de Producción San Pedro 1.

Tabla 4.7-1 Composición de Crudo

COMPUESTO	ACEITE DESHIDRATADO % MOL	Tb (°C)	PM	DENSIDAD (°API)
N2	0.000			
CO2	0.034			
H2S	0.364			
Metano	0.115			
Etano	0.344			
Propano	1.341			
Iso-Butano	0.818			
n-Butano	2.755			
Iso-Pentano	2.077			
n-Pentano	3.183			
Metilciclopentano	0.795			
Ciclohexano	0.699			
Metilciclohexano	1.328			
Benceno	0.348			
Tolueno	0.708			
Etil-Benceno	0.264			
p-Xileno	2.060			
Corte-01	6.528	66.45	85.30	70.18
Corte-02	5.604	86.81	93.62	64.06
Corte-03	7.940	118.81	108.35	55.69
Corte-04	12.156	149.95	124.81	50.13
Corte-05	9.473	180.63	143.21	45.43
Corte-06	9.599	211.58	164.11	41.78
Corte-07	7.298	244.52	189.13	38.42
Corte-08	9.136	284.25	223.35	34.79
Corte-09	5.886	335.16	274.14	30.67
Corte-10	2.337	392.24	341.13	26.12
Corte-11	3.116	430.98	393.13	23.36
Corte-12	0.093	484.07	473.57	20.24
Corte-15	0.619	631.47	758.56	13.90
Agua	2.980			
TOTAL	100.000			



Tabla 4.7-2 Composición de Gas

COMPUESTO	ACEITE DESHIDRATADO % MOL
N2	0.18
CO2	0.0280
H2S	0.0433
Metano	0.2321
Etano	0.2240
Propano	0.2532
Iso-Butano	0.0395
n-Butano	0.1166
Iso-Pentano	0.0111
n-Pentano	0.0255
n-Hexano	0.0053
Metilciclopentano	0.0000
Ciclohexano	0.0000
Benceno	0.0000
Metilciclohexano	0.0000
Etil-Benceno	0.0000
p-Xileno	0.0000
Corte-01	0.0054
Corte-02	0.0020
Corte-03	0.0004
Corte-04	0.0001
Corte-05	0.0000
Corte-06	0.0000
Corte-07	0.0000
Corte-08	0.0000
Corte-09	0.0000
Corte-10	0.0000
Corte-11	0.0000
Corte-12	0.0000
Corte-13	0.0000
Corte-14	0.0000
Corte-15	0.0000
Agua	0.0116

Para efectos de este estudio en la tabla siguiente se puede observar los principales niveles de radiación o sobrepresión que serán estimados a través del modelo matemático de simulación Phast 7.11, con el objeto de verificar los niveles de afectación hacia la instalación (estructuras, equipos etc.) que se encuentren cercanos al área del ductos y equipos dentro de las instalaciones de la Plataforma San Pedro 1(SP1) derivado de la hipótesis o escenarios identificados.



Para definir y justificar las zonas de seguridad en torno a las instalaciones objeto de estudio se utilizaron los parámetros que se indican en la NFR-018-PEMEX-2007 “Estudios de Riesgo”.

Tabla 4.7-3 Zonas de riesgo por toxicidad, inflamabilidad y explosividad

Definición de zona	Toxicidad (Concentración ppm)	Inflamabilidad (Radiación Térmica)	Explosividad (Sobrepresión)
Zona de Alto Riesgo	IDLH	5 KW/m ² o 1,500 BTU/Pie ² h	1.0 lb/plg ² 0.070 kg/cm ²
Zona de Amortiguamiento	TLV ₈ o TLV ₁₅	1.4 KW/m ² o 440 BTU/Pie ² h	0.5 lb/plg ² 0.035 kg/cm ²

Referencia: Criterios Técnicos para Simular Escenarios de Riesgo por Fugas y Derrames de Sustancias Peligrosas, en Instalaciones de Petróleos Mexicanos DCO-GDOESSPA-CT-001 Rev.1

4.8 Dispersión de Nube Tóxica / Inflamable.

Los vapores y gases emitidos por la mezcla gas-aceite, pueden generar una dispersión la cual va rebajando la concentración de la sustancia emitida, al tiempo que la extiende sobre regiones cada vez mayores del espacio. Esta dispersión dependerá de la estabilidad atmosférica. Su afectación dependerá de la toxicidad de los vapores o gases emitidos (siendo en este caso la mayor afectación al personal cercano a la fuente de emisión), y de la cantidad de gas entre los límites de inflamabilidad que puedan encontrar un punto de ignición (ver flash fire y jet Fire).

La Tabla 4.8-1 muestra el índice de mortalidad y las lesiones presentadas en un evento de dispersión de nube tóxica cuando un porcentaje de la población está expuesta a concentraciones letales (LC).

Tabla 4.8-1 Efectos de Emisiones Tóxicas

LC (%)	Índice de Mortalidad	Lesiones
1	El personal ubicado en esta zona presenta un índice de mortalidad bajo (1 %)	<ul style="list-style-type: none"> • Daños a la epidermis: Inflamaciones leves y reacciones alérgicas ligeras. • Daño a los ojos: Conjuntivitis.
50	El personal ubicado en esta zona presenta un índice de mortalidad medio (50 %)	<ul style="list-style-type: none"> • Daños a la epidermis: Inflamaciones crónicas o agudas, reacciones alérgicas, neoplasia y ulceraciones diversas. • Daño a los ojos: Daño permanente con resultado de ceguera.



Tabla 4.8-1 Efectos de Emisiones Tóxicas

LC (%)	Índice de Mortalidad	Lesiones
		<ul style="list-style-type: none"> Daño a vías respiratorias: Bloqueo físico de alvéolos (polvos insolubles) o reacción con la pared del alvéolo para producir sustancias tóxicas.
99	El personal ubicado en esta zona presenta un índice de mortalidad alto (99 %) debido a la alta concentración de sustancias tóxica.	<ul style="list-style-type: none"> Lesiones irreversibles. Bloqueo físico permanente de alvéolos. Muerte en un corto tiempo.

4.9 **Flamazo (FLASH FIRE)**

Cuando se trata de líquidos inflamables que se vaporizan o de fugas de gases más densos que el aire, la nube de gas se diluye en el aire existente, haciendo que en determinados instantes y zonas existan mezclas de combustible y comburente en condiciones de efectuar la combustión. Si en una de estas zonas se encuentra un punto de ignición puede desprenderse la cantidad de calor necesaria para acelerar la velocidad de combustión de forma que se produzca una explosión de nube de gas no confinado UVCE denominada así por su acrónimo en inglés.

Tabla 4.9-1 Efectos presentados a diferentes niveles de radiación térmica.

Intensidad de Radiación kW/m ²	Descripción
1.4	<ul style="list-style-type: none"> Puede tolerarse sin sensación de incomodidad durante largos periodos (con vestimenta normal), se considera inofensivo para personas sin ninguna protección especial. En general se considera que no hay dolor – sea cual sea el tiempo de exposición - con flujos térmicos inferiores a 1.7 kW/m² (mínimo necesario para causar dolor).
3	<ul style="list-style-type: none"> Zona de alerta.
5	<ul style="list-style-type: none"> Zona de intervención con un tiempo máximo de exposición de 3 minutos. Máximo soportable por personas protegidas con trajes especiales y tiempo limitado. El tiempo necesario para sentir dolor (piel desnuda) es aproximadamente de 13 segundos, y con 40 segundos pueden producirse quemaduras de segundo grado. Cuando la temperatura de la piel llega hasta 55 °C aparecen ampollas.
11.7	<ul style="list-style-type: none"> El acero delgado, parcialmente aislado, puede perder su integridad mecánica.
12.5	<ul style="list-style-type: none"> Extensión del incendio, fusión de recubrimiento de plástico en cables eléctricos. La madera puede prender después de una larga exposición.
25	<ul style="list-style-type: none"> El acero delgado aislado puede perder su integridad mecánica.
37.5	<ul style="list-style-type: none"> Suficiente para causar daños a equipos de proceso, colapso de estructuras. 100 % de letalidad.



La tabla 4.9-2 muestra los efectos producidos a personas y objetos durante el evento denominado “Flash Fire”.

Tabla 4.9-2 Efectos del Flash Fire

Personas u objetos	Descripción
Fuera de la nube	<ul style="list-style-type: none"> Como la duración del fenómeno es muy corta el daño es limitado y muy inferior.
Dentro de la nube sometidos a un contacto directo con la llama.	<ul style="list-style-type: none"> Las personas sufrirán quemaduras graves de 2° grado sobre una gran parte del cuerpo, la situación se agrava a quemaduras a 3° y 4° grado por la ignición más que probable de la ropa o vestidos La probabilidad de muerte es muy elevada. Aproximadamente morirá 14% de la población sometida a esta radiación con un 20 % como mínimo de quemaduras importantes. En el caso de que la persona porte ropa de protección que no se quemara, su presencia reducirá la superficie del cuerpo expuesta (se considera en general que solo se irradia el 20 % de esta superficie que comprendería la cabeza 7 %; manos 5 % y los brazos 8 %). En el caso de personas situadas en el interior de viviendas, probablemente estarán protegidas – aunque sea parcialmente - de la llamarada, pero estarán expuestas a fuegos secundarios provocados por la misma.

4.10 Explosión de Nube de Gas no Confinada (UVCE) y Confinada (VCE)

La explosión de nube de vapor no confinada se presenta cuando la sustancia ha sido dispersada y se incendia a una distancia del lugar de descarga. La magnitud de la explosión depende del tamaño de la nube y de las propiedades químicas de la sustancia. Se pueden ocasionar ondas de sobrepresión y los efectos térmicos suelen ser menos importantes que los anteriores. Asimismo, las explosiones confinadas pueden dar lugar a deflagraciones y los efectos adversos que pueden provocar son: ondas de presión, formación de proyectiles y radiación térmica.

Tabla 4.10-1 Efectos Derivados de la Sobrepresión.

Valor umbral				Descripción
mbar	bar	kPa	psi	
34.5	0345	3.45	0.5	<ul style="list-style-type: none"> Destrucción de ventanas, con daño a los marcos y bastidores. Daños menores a techos de casa. Daños estructurales menores.
50	05	5	0.725	<ul style="list-style-type: none"> Zona de alerta Daños estructurales de pequeña magnitud en casa.
68.9	0689	6.89	1	<ul style="list-style-type: none"> Demolición parcial de casas, que quedan inhabitables. Daños estructurales menores, comparables a los daños ocasionados por una tormenta, fallas en estructuras o paredes de madera. Rompimiento de ventanas.



Tabla 4.10-1 Efectos Derivados de la Sobrepresión.

Valor umbral				Descripción
mbar	bar	kPa	psi	
				<ul style="list-style-type: none"> El techo de los tanques de almacenamiento sufren un colapso. Falla de paneles y mamparas de madera, aluminio, etc. Conexiones o uniones de aluminio o acero muestran fallas.
125	0.125	12.5	1.81	<ul style="list-style-type: none"> Zona de Intervención. Dislocación / colapso de paneles, paredes y techos.
500	0.5	50	7.25	<ul style="list-style-type: none"> Colapso parcial de paredes y techos de casas. Destrucción de paredes de cemento de 20 a30 cm. de grosor. Destrucción del 50 % de la obra de ladrillo en edificaciones. 25% de todas las paredes muestran fallas. Las paredes hechas de bloques de concreto se colapsan. Daños menores de marcos de acero en ventanas y puertas. Daños moderados o menores. Deformación de paredes y puertas, falla de juntas. Se desprende el recubrimiento de las paredes. Daños serios al resto de los elementos de soporte. Umbral (1 %) de ruptura de tímpano.
1000	1	100	14.50	<ul style="list-style-type: none"> Desplazamiento de los tanques de almacenamiento cilíndrico. Daño a columnas de fraccionamiento. La estructura de soporte de un tanque de almacenamiento redondo se colapsa. Daños severos y desplazamiento de maquinaria pesada (3 500 kg). Falla de las conexiones de tuberías. Demolición total de edificios. Colapso total de casas habitación tipo o estilo Americano. Umbral de letalidad (1 %) de muerte por hemorragia pulmonar y efectos directos de la sobrepresión sobre el cuerpo humano.
1750	1.75	175.8	25.5	<ul style="list-style-type: none"> Ruptura parcial de tanques de almacenamiento. Daño parcial mayor a columnas de fraccionamiento. Daños severos a maquinaria pesada (3 500 kg). Ruptura parcial de tuberías. Demolición total de edificios. 90 % de probabilidad de muerte por hemorragia pulmonar
2000	2	200	29	<ul style="list-style-type: none"> Ruptura total de tanques de almacenamiento. Pérdida total a columnas de fraccionamiento. Pérdida total de maquinaria pesada (3 500 kg). Ruptura total de tuberías. Demolición total de edificios. 99 % de probabilidad de muerte por hemorragia pulmonar
20680	20.68	2068	299.94	<ul style="list-style-type: none"> Límite para formación de cráter.

4.11 Dardo de Fuego (JET FIRE)

Ocurre cuando un material inflamable ha sido liberado a alta presión y se incendia a una distancia del punto de la descarga. La nube formada produce el incendio (Jet Fire) en cualquier momento, siempre y cuando esté por encima de su límite inferior de

inflamabilidad y por debajo del superior, esta zona de la nube es la que se considera para determinar los efectos de radiación térmica. Para ver los posibles efectos de este evento, ver lo descrito en radiación térmica.

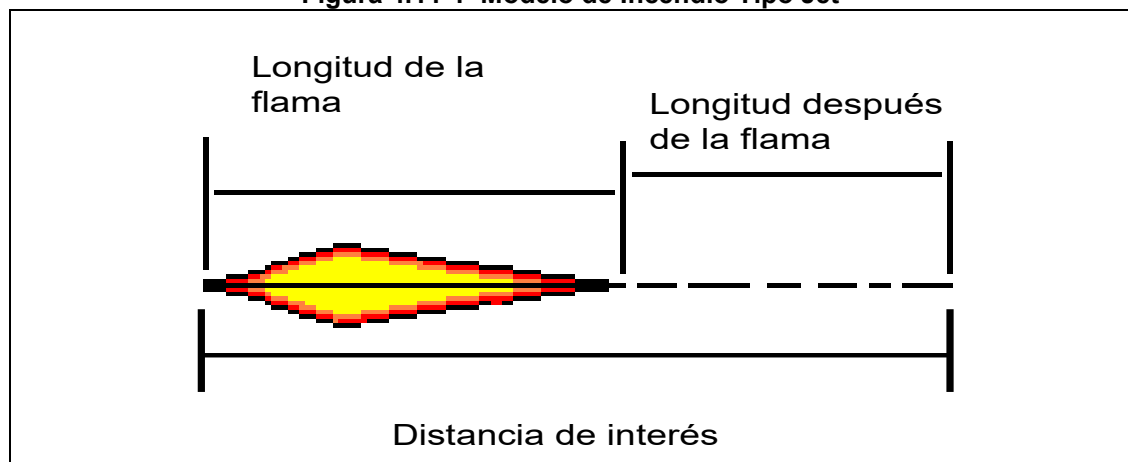
. Si una descarga de gas combustible entra en ignición se produce el característico dardo de fuego que tiene la forma indicada en la figura 4.11-1.

Los efectos perniciosos de estos accidentes son fundamentalmente los siguientes:

- La radiación térmica generada por los incendios.
- Los efectos de los posibles gases tóxicos generados en la combustión.
- Las ondas de sobrepresión generadas por una explosión de nube inflamable.

El modelo utilizado, PHAST versión 7.11, permite calcular la velocidad de combustión y la radiación térmica que sufre un receptor sometido a un determinado incendio. El modelo calcula la forma y la intensidad de la flama, y se obtiene un amplio intervalo de resultados de radiación. El software considera para el dardo de fuego el modelo cónico.

Figura 4.11-1 Modelo de Incendio Tipo Jet





4.12 POTENCIA DE EMISIÓN DE LA RADIACIÓN TÉRMICA.

Cualquier cuerpo a temperatura T emite radiación térmica que se determina mediante la ley de Stefan-Boltzmann; la potencia neta (emitida-recibida) por unidad de superficie, E , puede expresarse mediante:

$$E = \varepsilon \sigma (T_e^4 - T_r^4)$$

Dónde:

ε : Coeficiente de emisión, adimensional.

σ : Constante de Stefan-Boltzmann, $W/m^2 K$.

T_e : Temperatura del emisor, K .

T_a : Temperatura del receptor, K .

En los incendios, la radiación térmica procede de dos fuentes: de los gases generados en la combustión (principalmente del dióxido de carbono y del vapor de agua) y del humo (producido como consecuencia de la descomposición térmica y oxidación parcial del combustible). Desafortunadamente la ecuación no es útil para determinar la potencia emisiva, dado que los parámetros ε y T_e (en este caso T_e es la temperatura de la llama) no son generalmente conocidos. En primer lugar, no parece probable que las llamas se comporten como cuerpos negros ($\varepsilon = 1$), dado que si lo fueran se obtendrían valores de E muy superiores a los experimentales.

Por otro lado, la temperatura de la llama no es uniforme en toda la superficie, de manera que puede considerarse la existencia de dos emisores: los destellos, que se producen cuando la combustión es completa, provocando un elevado nivel de radiación, y el humo que origina un efecto “pantalla” a la emisión de los destellos interiores. Por todo ello, desde el punto de vista práctico, se plantea el cálculo de la potencia emisiva como una fracción de la potencia calorífica térmica máxima desarrollada en el incendio:



La ecuación antes señalada será utilizada para estimar el valor de T_e (temperatura de la llama) tomando como referencia el resultado obtenido del poner emisivo resultante a través de la utilización del modelo matemático de simulación Phast, para lo cual se tomará como referencia los siguientes criterios:

T_r : temperatura del receptor, para este caso se toma como consideración la temperatura ambiente de 26.7 °C.

σ : 5.67 x 10⁻⁸

E : Poder emisivo de flama (resultado obtenido a través del modelo Phast).

ϵ : Coeficiente de emisión, adimensional igual a 1.

Para el caso de este estudio y tomando en consideración la necesidad de valorar la temperatura de llama (T_e) en caso de un incendio de dardo, la ecuación planteada anteriormente se modifica quedando de la siguiente manera:

$$T_e = \sqrt[4]{\frac{E}{\epsilon\sigma}} + T_r$$

Donde σ es la constante de proporcionalidad y se denomina constante de Stefan-Boltzman, que tiene un valor de 5.67 x10⁻⁸ W/ (m² K), la ecuación antes referida se denomina Ley de Stefan-Boltzman de la radiación y se aplica exclusivamente a cuerpos negros. Es importante señalar que esta ecuación es válida sólo para la radiación térmica.

4.13 Explosión de Nube de Vapor.

El término “explosión de nube de vapor” (en inglés VCE, de “Vapour Cloud Explosión”) es usado para definir la combustión de la mezcla combustible-aire formada por la fuga y dispersión de una sustancia combustible en la atmósfera, dando lugar a temperaturas muy elevadas, y generando una onda de presión.



En general, la mayoría de los combustibles tienen pesos moleculares mayores que el aire y, por consiguiente, se comportan como nubes pesadas que se mueven a ras de suelo y pueden encontrar fácilmente una fuente de ignición.

Para que tenga lugar la explosión de la nube, debe producirse la mezcla entre el combustible y el aire dentro de los límites de inflamabilidad. Si el punto de ignición está muy cerca del origen de la fuga el resultado será un incendio de chorro o de charco, según las características de la fuga.

Se considera que la máxima probabilidad de formación de una nube explosiva ocurre cuando el periodo de tiempo entre el inicio de la fuga y la ignición está comprendido entre 1 y 15 minutos, si bien se encuentran documentados accidentes en los que se estima que dicho período fue de menos de un minuto, en unos casos, y entre 16 y 30 minutos, en otros (Lees, 1996).

Por otro lado, la magnitud de la onda de sobrepresión generada depende de la velocidad de propagación de la llama (frente de reacción). Cuanto mayor sea ésta, mayor será la sobrepresión alcanzada. La velocidad de propagación de la llama depende, a su vez, de la forma en que se inicie y progrese la combustión. Según ocurra ésta, el resultado puede ser una deflagración o, en condiciones más especiales, una detonación.

Para cumplir con los objetivos de este documento se considera el llevar a cabo como parte del análisis de consecuencias la evaluación de las posibles distintas afectaciones por la explosión de nube de vapor a través del método Multi energía (TNO, 1997).

Dicho método se utiliza para la determinación de las magnitudes peligrosas de las ondas de presión procedentes de la explosión de nubes de vapor, teniendo en cuenta que, cuando éstas se inflaman, las mayores sobrepresiones se generan en regiones congestionadas o confinadas de la nube.



4.14 Método Multi energía.

La secuencia de aplicación del método Multi energía es la siguiente:

- Selección del nivel de la explosión de 1 (deflagración más débil) a 10 (detonación) en función de la reactividad del combustible, ubicación de la nube, cantidad y dimensiones de los obstáculos y energía de la fuente de ignición, entre otros.
- Determinación de la energía de la explosión a partir de la cantidad de sustancia combustible en la nube que se encuentra entre los límites de explosividad y de su entalpía de combustión.
- Cálculo de la “distancia escalada” (R' , adimensional), que depende de la energía de la explosión y de la distancia (z , metros) a la que se desean conocer las magnitudes peligrosas de la onda de presión.
- Obtención de la sobrepresión escalada (P' , adimensional) e impulso escalado (i' , adimensional) a partir de las relaciones con la “distancia escalada”.

4.15 Criterios para Seleccionar el Nivel de Explosión Apropriado.

La principal dificultad del procedimiento radica en la selección del nivel de explosión apropiado para cada caso, dada la diversidad de parámetros que influyen en el proceso.

La intensidad de la explosión depende de la masa y reactividad del combustible, de la congestión y/o confinamiento de la nube, de la intensidad de la fuente de ignición y de parámetros relacionados con la geometría de la zona obstruida.

Los criterios aportados por algunos autores pueden constituir una ayuda para seleccionar el nivel adecuado. El criterio más simple es el propuesto por TNO en el caso de ausencia de información sobre los factores mencionados anteriormente, consiste en seleccionar el nivel 7 cuando la explosión se produzca en una región obstruida, y el 3 en una zona sin obstáculos.



Dependiendo de la cantidad de información disponible y del grado de precisión requerido se pueden seguir otros criterios, destacando los de Kinsella (1993) y Baker (1996), recomendables cuando sólo se dispone de información cualitativa, y especialmente las de las guías GAME (1998) y GAMES (1998), que son las que se utilizan en este trabajo, en los casos que se disponga de información más amplia.

Kinsella (1993) tiene en cuenta el nivel de obstrucción de la nube, clasificándolo en alto, bajo y nulo; la existencia o no de confinamiento entre paredes paralelas y la energía de la fuente de ignición, distinguiendo entre fuerte (si es debida al venteo de una explosión en el interior de una conducción o situación análoga), y débil (si es debida a una llama, chispa o superficie caliente).

La tabla siguiente contiene los criterios que serán utilizados para el desarrollo de este documento, considerando para este análisis como el criterio más desfavorable en caso de ocurrir un escenario de pérdida de contención en la plataforma.

Tabla 4.14-1 Criterios para Seleccionar el Nivel de la Explosión más Idóneo, Según Kinsella.

Obstrucción			Confinamiento entre planos paralelos	Energía de la fuente de ignición		Nivel de las figuras I.5 a I.7
Alta	Baja	Nula		Débil	Alta	
Sí			Sí		Sí	7-10
Sí			No		Sí	7-10
Sí			Sí	Sí		5-7
	Sí		Sí		Sí	5-7
	Sí		No		Sí	4-6
		Sí	Sí		Sí	4-6
Sí			No	Sí		4-5
		Sí	No		Sí	4-5
	Sí		Sí	Sí		3-5
	Sí		No	Sí		2-3
		Sí	Sí	Sí		1-2
		Sí	No	Sí		1

El modelo matemático de simulación PHAST para el caso de evaluar en evento de explosión de nube de vapor a través del modelo multi energía utiliza los siguientes parámetros:



4.16 Resistencia no Confinada.

El programa puede realizar el modelado de explosión de las partes de la nube que no cubren un área de confinamiento fuerte, y marcar la casilla si desea llevar a cabo este modelo.

Si usted marca la casilla, debe establecer el grado de confinamiento de las partes libres de la nube. Los valores típicos son 1 (totalmente confinados, espacios cerrados, cuartos, por ejemplo) y 2 (confinamiento ligero, por ejemplo, cercas, muros de contención, o setos).

4.17 Fuentes Confinados por Onda Expansiva.

En PHAST se puede modelar hasta siete fuentes de explosión confinados.

Para este caso solo se consideró un espacio semi confinado. Marcando la casilla de una fuente en particular para incluir en el cálculo: source 1.

Para este caso y para cada una de las simulaciones realizadas se procedió a proporcionar la siguiente información para la fuente utilizada:

4.18 Fuerza de Confinamiento.

Es el grado de confinamiento en la zona o de la fuente. Este es un valor entre 3 (mínimo) y 10 (más alto). Los valores de 8 y 9 se utilizan normalmente para las unidades de proceso.

Aunque hay poca información disponible sobre la elección de la concentración apropiada, algunas características pueden estar relacionadas con los fenómenos de explosión, y su presencia aumentará la fuerza de confinamiento.



Tabla 4.18-1 Escenarios Seleccionados y Condiciones Alimentadas al Simulador.

Escenario	Referencia HazOp	Hipótesis del Escenario	Nombre de la Sustancias Peligrosa	Diámetro de tubería (plg)	Presión (kg/cm ² man)	Tiempo de Fuga (seg)	Diámetro de Fuga (plg)	Altura de la Fuga (m)	Temperatura (°C)	Inventario involucrado (kg)
EI.01	1.1.2.1	Fuga de Hidrocarburos debido a una Sobrepresión en línea de producción, Manifold de producción (Separadores de prueba y separador de Totales), con posible formación de nube tóxica, incendio, explosión con daño al personal, medio ambiente y a las instalaciones debido a la apertura por falla mecánica de la válvula de estrangulamiento.	Crudo y gas	3	8.78	1800	0.6	1	70	2523.12
EI.02	1.1.2.3	Venteo de gas amargo a la atmosfera con posible formación de nube tóxica con daño al personal y a la instalación derivado de la apertura del By-Pass de la PSV a la salida de los separadores MBF-201/203/203 por error humano	Gas amargo	2	8.78	1800	0.6	1	70	217.00
EI.03	2.1.1.1	Fuga de Gas amargo debido a una Sobrepresión en el MBF-301 con posible formación de nube tóxica, incendio y explosión con daño al personal medio ambiente y a la instalación derivado del paro de compresor por falla mecánica CAS-401.	Gas amargo	8	8.78	1800	0.75	1	70	3942.42
EI.04	3.1.1.1	Fuga de Gas amargo en uniones bridadas debido a una sobrepresión en línea de descarga del compresor, con posible formación de nube tóxica, incendio, explosión con daño al personal, medio ambiente y a las instalaciones debido al cierre de la válvula manual BF-30201 por error humano	Gas amargo	3	64.682	1800	0.6	1	70	1951.62
EI.05	4.3.1.1	Venteo de Gas amargo derivado de la Apertura de la válvula de presión vacío PVSV-60101 con daño a tanque con posible formación de nube tóxica con daño al personal y a la instalación	Gas amargo	6	1.03	1800	0.75	1	38	148,740



Tabla 4.18-1 Escenarios Seleccionados y Condiciones Alimentadas al Simulador.

Escenario	Referencia HazOp	Hipótesis del Escenario	Nombre de la Sustancias Peligrosa	Diámetro de tubería (plg)	Presión (kg/cm ² man)	Tiempo de Fuga (seg)	Diámetro de Fuga (plg)	Altura de la Fuga (m)	Temperatura (°C)	Inventario involucrado (kg)
EI.06	5.1.1.1	Fuga de Gas amargo debido a una Sobrepresión en línea de inyección de gas de alta presión; con formación de nube tóxica, incendio, explosión con daño al personal, medio ambiente y a las instalaciones derivado del cierre de la válvula manual de 3"	Gas amargo	3	244.31	1800	0.6	1	70	8111.64
EI.07	5.1.2.1	Fuga de Gas amargo debido a una Sobrepresión en línea de inyección de gas de alta presión; con formación de nube tóxica, incendio, explosión con daño al personal, medio ambiente y a las instalaciones derivado del Bloqueo o restricción de la válvula de estrangulamiento	Gas amargo	3	244.31	1800	0.6	1	70	13,5194



4.19 Resultados de la Evaluación de Consecuencias.

Las hipótesis se plantearon en base aquellos eventos que se encuentran en una región de riesgo no aceptable y que presentan un riesgo al personal.

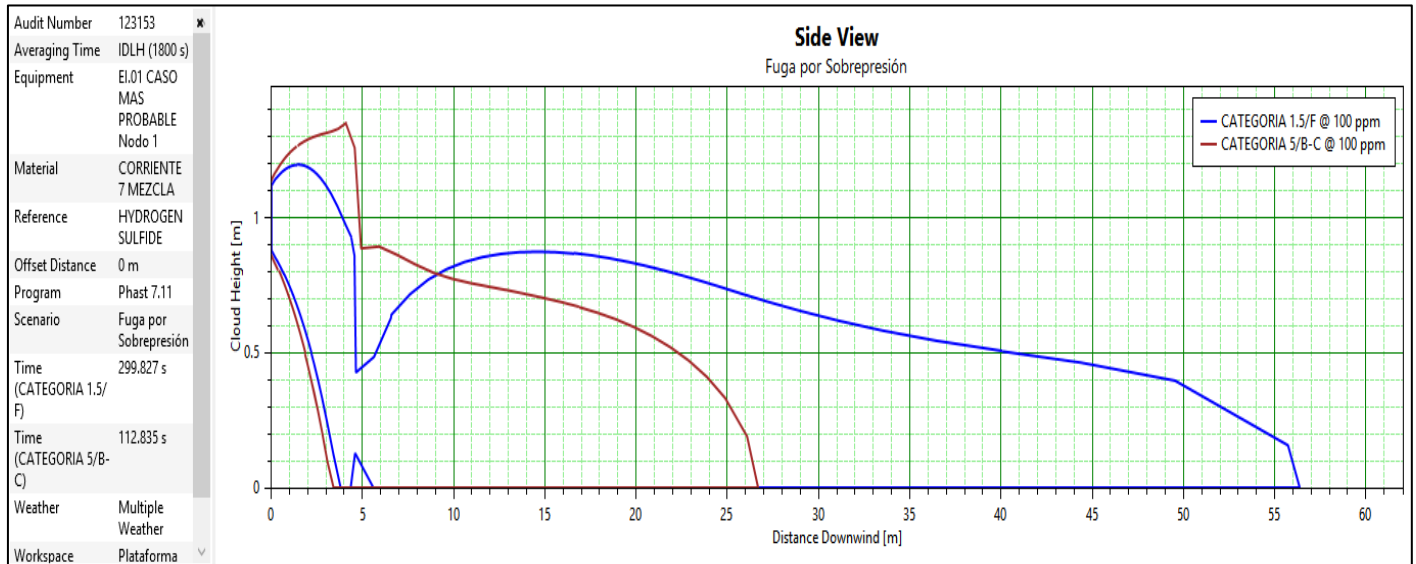
Escenario EI.01 Fuga de Hidrocarburos debido a una Sobrepresión en línea de producción, Manifold de producción (Separadores de prueba y separador de Totales), con posible formación de nube tóxica, incendio, explosión con daño al personal, medio ambiente y a las instalaciones debido a la apertura por falla mecánica de la válvula de estrangulamiento.

I. Datos del Escenario									
Clave: EI.01		Nombre: Fuga de Crudo (Mezcla de hidrocarburos crudo, gas y agua)					Tipo Ce caso: MP		
Elaboro: PCE		Descripción: Fuga de Hidrocarburos debido a una Sobrepresión en línea de producción, Manifold de producción (Separadores de prueba y separador de Totales), con posible formación de nube tóxica, incendio, explosión con daño al personal, medio ambiente y a las instalaciones debido a la apertura por falla mecánica de la válvula de estrangulamiento.							
Objetivo:		Evaluar escenarios de incendio y/o explosión					Phast 7.11		
II. Sustancias Involucradas									
Nombre		Composición:	% molar		% másico		% volumétrico		
Ver Tabla 4.7-1 Composición típica de la Mezcla.									
III. Condiciones de confinamiento y características de liberación.									
Presión:	8.78 Kg/cm ²	Temperatura:	70 °C	Estado:	Vapor:	Líquido debajo de su p.e.	Líquido arriba de su p.e.		
Fase de material liberado:			Vapor:		Líquido		Vapor y líquido	X	
Contenedor:	Cilindro		Esfera		Tubería:	X	Otro		
Alto del recipiente:		Diámetro de la tubería:			8.0 in	Largo:	20		
Diámetro equivalente de orificio	0.6 in		Elevación del punto de liberación:			1			
Dirección de fuga:	Vertical:	Horizontal:	X	Hacia abajo	Golpe contra:	Inclinada	Angulo		
Tiempo estimado de liberación:			1800 seg	Masa que participa			2523.12 kg		
IV. Condiciones atmosféricas y del entorno									
Pares (velocidad del viento, e estabilidad atmosférica):					1.5 m/seg (Tipo F) y 5 (Tipo B/C)				
Temperatura atmosférica:					38 °C				
Temperatura del suelo (si distinta atmosférica):									
Humedad atmosférica					80 %				
Tipo Ce suelo:					Ambiente marino				
Direcciones dominantes del viento:					-				
V. Lugares de particular interés (Descripción y distancia del punto de fuga)									
Sitio 1		Sitio 2			Sitio 3		Sitio 4		
VI. Estado finales de análisis									
Jet fire:	Charco de fuego	Incendio de nube:		Explosión de nube:	X	BLEVE /bola de fuego	Nube tóxica: X		



De los resultados obtenidos a través del modelo se desprenden las siguientes gráficas:

Comportamiento de fuga (dirección y altura).



De los resultados obtenidos a través del modelo se desprenden los siguientes datos:

Tabla 4.20-1 Resultados de Consecuencias Nube Tóxica, Escenario EI.01

Centro de Trabajo: San Pedro 1		
Planta o área de trabajo: Plataforma San Pedro 1 (SP1).		
Condiciones del sitio	Concentración	
	IDLH (100 ppm)	STEL (15 ppm)
	Distancia (m)	
1.5 m/s, Estabilidad F	56.386	No Alcanzado
5.0 m/s Estabilidad B/C	26.666	No Alcanzado

En la tabla 4.20-1 se muestran los resultados de consecuencias de incendio de dardo de fuego (Jet Fire) para el Escenario EI.01, los cuales fueron obtenidos empleando el simulador PHAST, además se consideró las condiciones de presión y temperatura a las que ocurre el evento.



**Tabla 4.20-2 Resultados de Consecuencias de Incendio de Dardo de Fuego,
Escenario EI.01**

Centro de Trabajo: San Pedro 1			
Planta o área de trabajo: Plataforma San Pedro 1 (SP1).			
Condiciones del sitio	Radiación (kw/m ²)		
	37.5	5.0	1.4
	Distancia (m)		
1.5 m/s, Estabilidad F	18.0033	29.4523	54.8203
5 m/s Estabilidad B/C	15.0468	29.1075	55.0145

Los resultados mostrados refieren al rango de radiación emitido para las dos condiciones de estabilidad y velocidad de los vientos reportados.

La zona de afectación a instalaciones está determinada por el nivel de radiación de 37.5 kw/m² a los (18.0033) metros para una estabilidad de 1.5/F y (15.0468) metros para una estabilidad de 5B-C. En este punto puede existir daño a equipos de proceso; colapso de estructuras, causando 100% de mortalidad en 1 minuto.

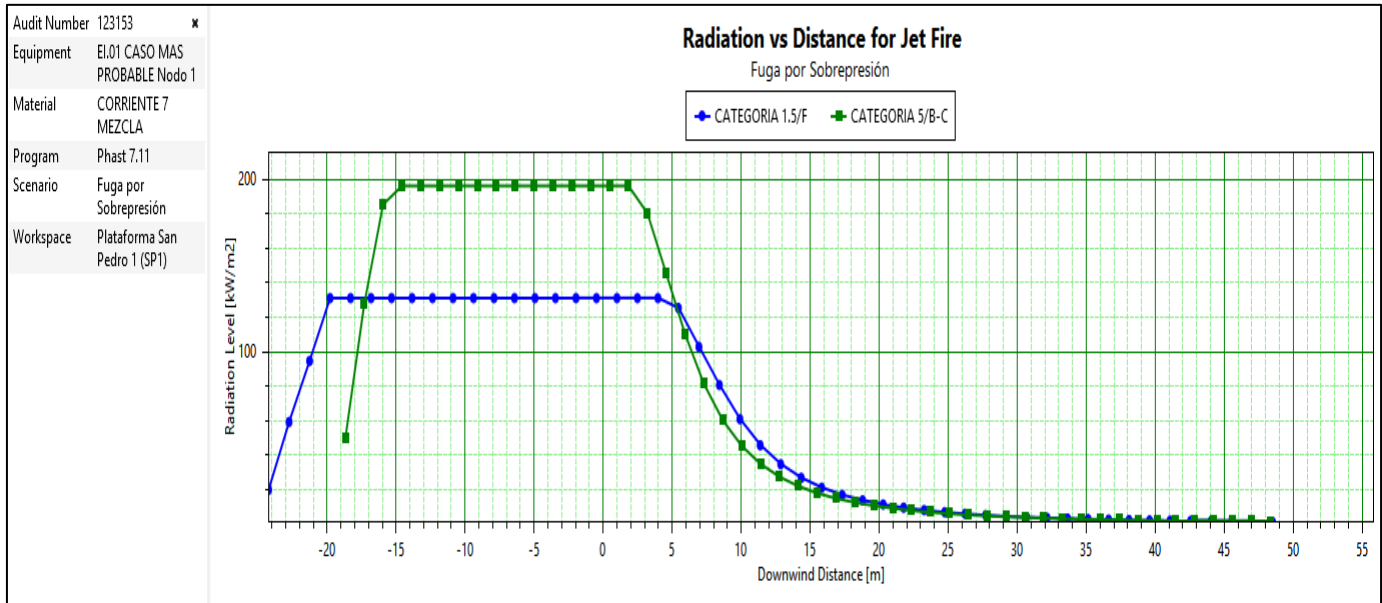
La zona de riesgo está determinada por el nivel de radiación de 5 kw/m² a los (29.4523) metros para una estabilidad de 1.5/F y (29.1075) metros para una estabilidad de 5B-C. En este punto para una persona (piel desnuda) el umbral de dolor se alcanza aproximadamente a los 13 segundos de exposición y con 40 segundos pueden producirse quemaduras de segundo grado, cuando la temperatura de la piel llega hasta 55°C aparecen ampollas. Cabe mencionar que es una zona de peligro solamente para personas sin protección.

La zona de amortiguamiento está determinada por un valor de radiación de 1.4 kw/m², a los (54.8203) metros para una estabilidad de 1.5/F y (55.0145) metros para una estabilidad de 5B-C.

Para más detalle respecto a los resultados mostrados por el simulador Phast 7.11 ver Anexo B.



El gráfico siguiente muestra el nivel de radiación a partir de la flama por el efecto de jet fire.



Consecuencias por Nubes Explosivas

Los resultados por sobrepresión para el escenario EI.01 se muestran en la tabla 4.20-3.

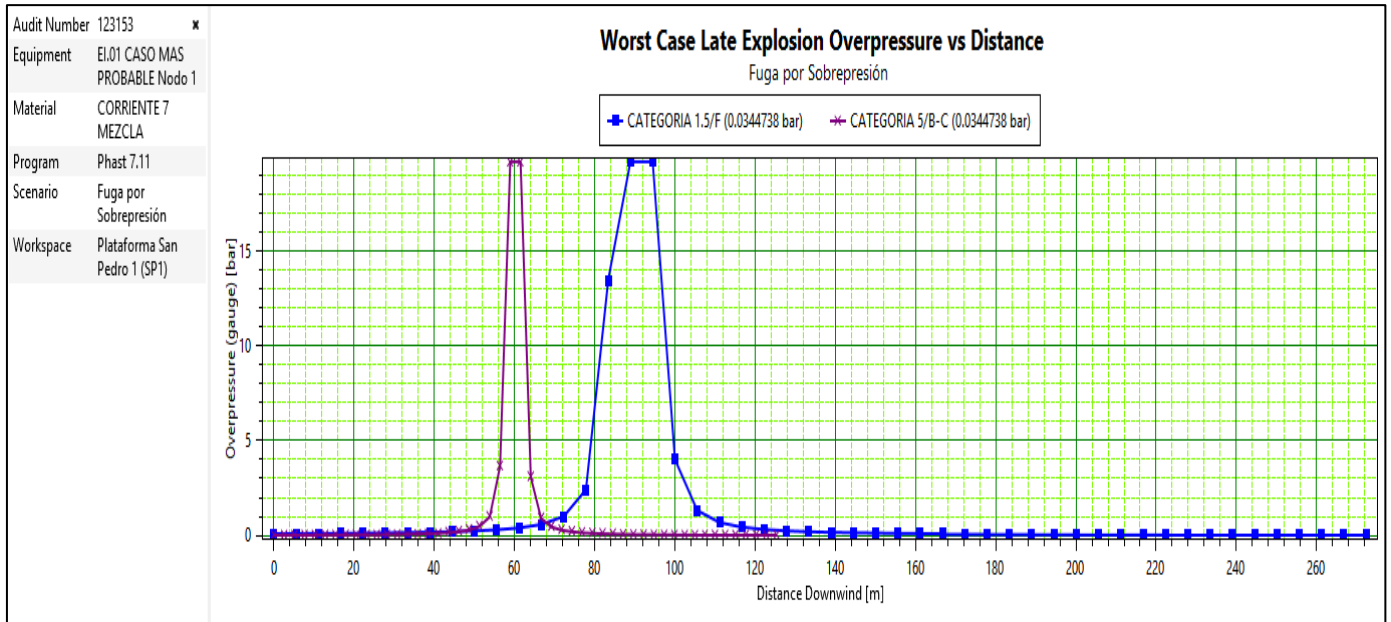
Tabla 4.20-3 Resultados de Consecuencias de Nube Explosiva EI.01

Planta o área de trabajo: Plataforma San Pedro 1 (SP1).					
Distancia a punto de ignición (m)	Condiciones del sitio	Masa flamable (Supplied Flamable Mass)	Sobrepresión (bar)		
			0.03 (radio de afectación en m)	0.06 (radio de afectación en m)	0.70 (radio de afectación en m)
10	1.5 m/s, Estabilidad F	2.21	44.29	28.53	13.93
20	1.5 m/s, Estabilidad F	22.23	94.07	60.04	28.50
30	1.5 m/s, Estabilidad F	63.28	134.98	86.74	42.05
10	5 m/s Estabilidad B-C	2.97	47.86	30.46	14.34
20	5 m/s Estabilidad B-C	8.80	74.39	49.40	26.24
30	5 m/s Estabilidad B-C	13.36	92.51	63.78	37.17

*La distancia mostrada para cada nivel de sobrepresión se considera a partir del punto de fuga.



La representación gráfica muestra las distancias para los puntos de ignición en el cual la masa flamable se encuentra en condiciones para producirse una explosión, para estos puntos se pueden alcanzar diferentes niveles de sobrepresión dependiendo de la masa flamable que participa en ese punto.





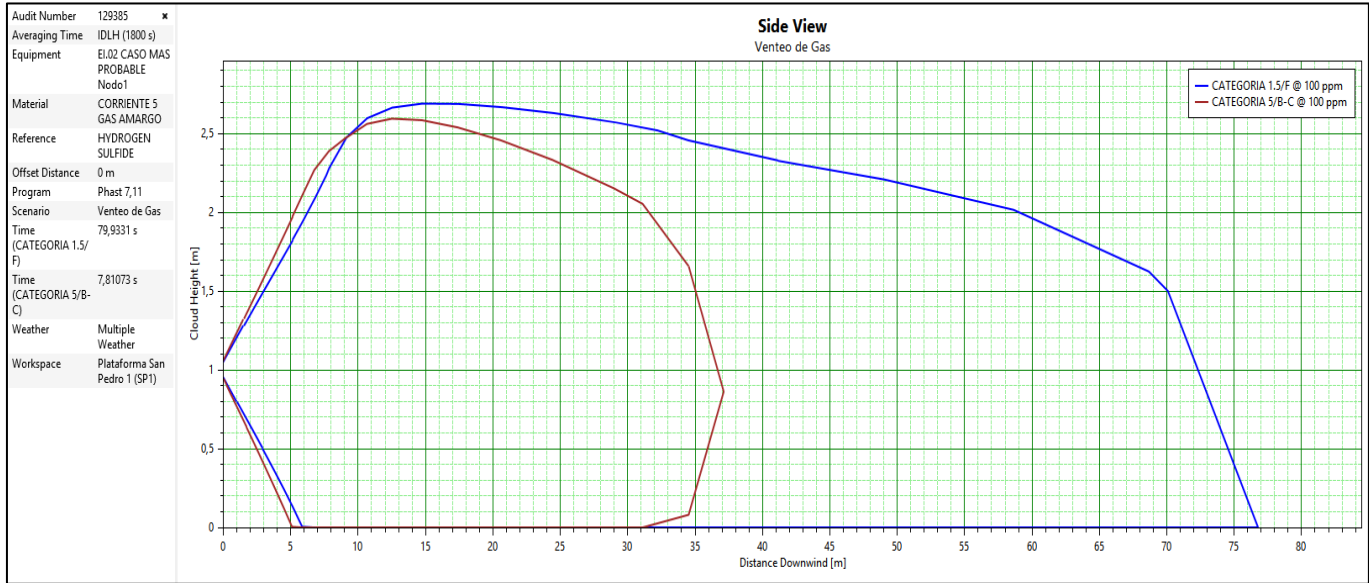
Escenario EI.02 Venteo de gas amargo a la atmosfera con posible formación de nube tóxica con daño al personal y a la instalación derivado de la apertura del By-Pass de la PSV a la salida de los separadores MBF-201/203/203 por error humano.

I. Datos del Escenario											
Clave: EI.02		Nombre: Venteo de Gas amargo					Tipo Ce caso: MP				
Elaboro: PCE		Descripción: Venteo de gas amargo a la atmosfera con posible formación de nube tóxica con daño al personal y a la instalación derivado de la apertura del By-Pass de la PSV a la salida de los separadores MBF-201/203/203 por error humano									
Objetivo:		Evaluar escenarios de incendio y/o explosión					Phast 7.11				
II. Sustancias Involucradas											
Nombre		Composición:		% molar		% másico		% volumétrico			
Ver Tabla 4.7-2 Composición típica Del Gas.											
III. Condiciones de confinamiento y características de liberación.											
Presión:		8.78 Kg/cm ²		Temperatura:		70 °C		Estado: Vapor:		Líquido debajo de su p.e.	Líquido arriba de su p.e.
Fase de material liberado:			Vapor:		Líquido		Vapor y líquido		X		
Contenedor:		Cilindro		Esfera		Tubería:		X	Otro		
Alto del recipiente:		Diámetro de la tubería:				2 in		Largo:		20	
Diámetro equivalente de orificio		0.6 in		Elevación del punto de liberación:				1			
Dirección de fuga:		Vertical:		Horizontal:		Hacia abajo		Golpe contra:		Inclinada	Angulo
Tiempo estimado de liberación:			1800 seg		Masa que participa			217 kg			
IV. Condiciones atmosféricas y del entorno											
Pares (velocidad del viento, e estabilidad atmosférica):						1.5 m/seg (Tipo F) y 5 (Tipo B/C)					
Temperatura atmosférica:						38 °C					
Temperatura del suelo (si distinta atmosférica):											
Humedad atmosférica						80 %					
Tipo Ce suelo:						Ambiente marino					
Direcciones dominantes del viento:						-					
V. Lugares de particular interés (Descripción y distancia del punto de fuga)											
Sitio 1		Sitio 2			Sitio 3			Sitio 4			
VI. Estado finales de análisis											
Jet fire:		Charco de fuego		Incendio de nube:		Explosión de nube:		BLEVE /bola de fuego		Nube tóxica	
X						X					
Notas: 1		PC= Peor caso MP= Caso Más Probable CA= Caso Alterno									



De los resultados obtenidos a través del modelo se desprenden las siguientes gráficas:

Comportamiento de fuga (dirección y altura).



De los resultados obtenidos a través del modelo se desprenden los siguientes datos:

Tabla 4.20-4 Resultados de Consecuencias Nube Tóxica, Escenario EI.02

Centro de Trabajo: San Pedro 1		
Planta o área de trabajo: Plataforma San Pedro 1 (SP1).		
Condiciones del sitio	Concentración	
	IDLH (100 ppm)	STEL (15 ppm)
Distancia (m)		
1.5 m/s, Estabilidad F	76.7531	No Alcanzado
5.0 m/s Estabilidad B/C	33.9707	No Alcanzado

En la tabla 4.20-4 se muestran los resultados de consecuencias de incendio de dardo de fuego (Jet Fire) para el Escenario EI.02, los cuales fueron obtenidos empleando el simulador PHAST, además se consideró las condiciones de presión y temperatura a las que ocurre el evento.



Tabla 4.20-5 Resultados de Consecuencias de Incendio de Dardo de Fuego, Escenario EI.02

Centro de Trabajo: San Pedro 1			
Planta o área de trabajo: Plataforma San Pedro 1 (SP1).			
Condiciones del sitio	Radiación (kw/m ²)		
	37.5	5.0	1.4
	Distancia (m)		
1.5 m/s, Estabilidad F	No Alcanzado	3.2669	6.2232
5 m/s Estabilidad B/C	No Alcanzado	3.1551	5.72296

Los resultados mostrados refieren al rango de radiación emitido para las dos condiciones de estabilidad y velocidad de los vientos reportados.

La zona de afectación a instalaciones está determinada por el nivel de radiación de 37.5 kw/m² a los (No Alcanzados) metros para una estabilidad de 1.5/F y (No Alcanzados) metros para una estabilidad de 5B-C. En este punto puede existir daño a equipos de proceso; colapso de estructuras, causando 100% de mortalidad en 1 minuto.

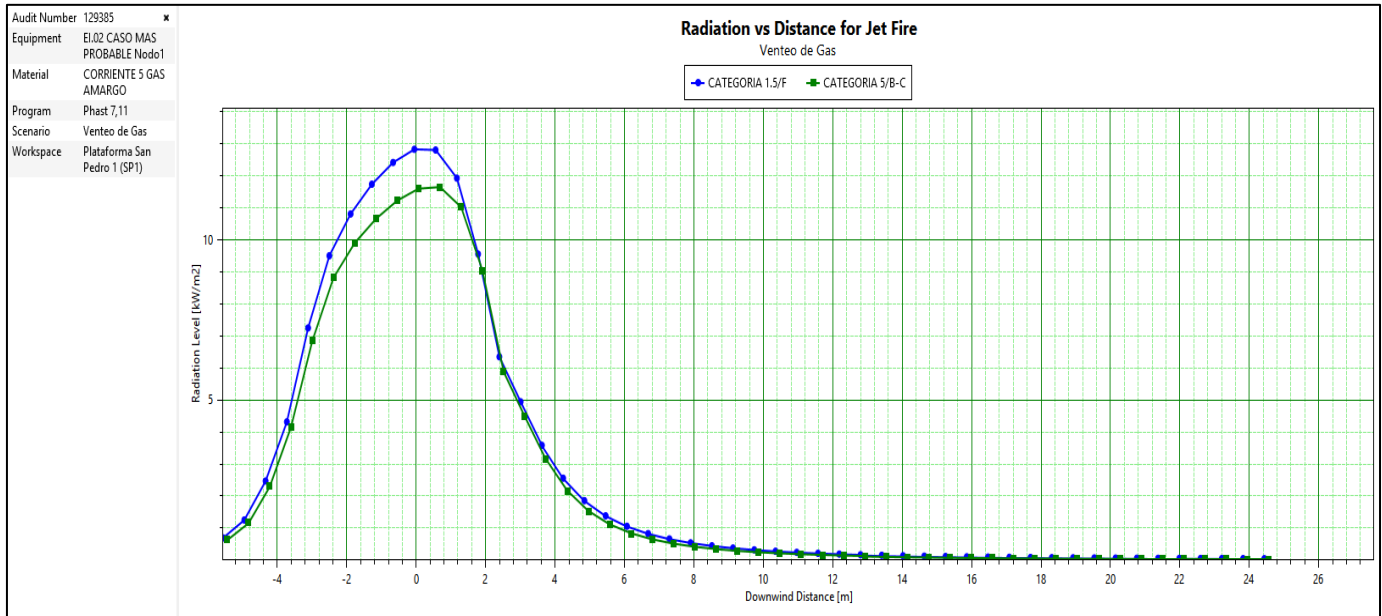
La zona de riesgo está determinada por el nivel de radiación de 5 kw/m² a los (3.2669) metros para una estabilidad de 1.5/F y (3.1551) metros para una estabilidad de 5B-C. En este punto para una persona (piel desnuda) el umbral de dolor se alcanza aproximadamente a los 13 segundos de exposición y con 40 segundos pueden producirse quemaduras de segundo grado, cuando la temperatura de la piel llega hasta 55°C aparecen ampollas. Cabe mencionar que es una zona de peligro solamente para personas sin protección.

La zona de amortiguamiento está determinada por un valor de radiación de 1.4 kw/m², a los (6.2232) metros para una estabilidad de 1.5/F y (5.72296) metros para una estabilidad de 5B-C.

Para más detalle respecto a los resultados mostrados por el simulador Phast 7.11 ver Anexo B.



El gráfico siguiente muestra el nivel de radiación a partir de la flama por el efecto de jet fire.



Consecuencias por Nubes Explosivas

Los resultados por sobrepresión para el escenario EI.02 se muestran en la tabla 4.20-6.

Tabla 4.20-6 Resultados de Consecuencias de Nube Explosiva EI.02

Planta o área de trabajo: Plataforma San Pedro 1 (SP1).					
Distancia a punto de ignición (m)	Condiciones del sitio	Masa flamable (Supplied Flamable Mass)	Sobrepresión (bar)		
			0.03 (radio de afectación en m)	0.06 (radio de afectación en m)	0.70 (radio de afectación en m)
10	1.5 m/s, Estabilidad F	0.10	21.88	16.42	11.36
20	1.5 m/s, Estabilidad F	0.10	34.87	28.04	21.71
30	1.5 m/s, Estabilidad F	No Alcanzado	No Alcanzado	No Alcanzado	No Alcanzado
10	5 m/s Estabilidad B-C	No Alcanzado	No Alcanzado	No Alcanzado	No Alcanzado
20	5 m/s Estabilidad B-C	No Alcanzado	No Alcanzado	No Alcanzado	No Alcanzado
30	5 m/s Estabilidad B-C	No Alcanzado	No Alcanzado	No Alcanzado	No Alcanzado

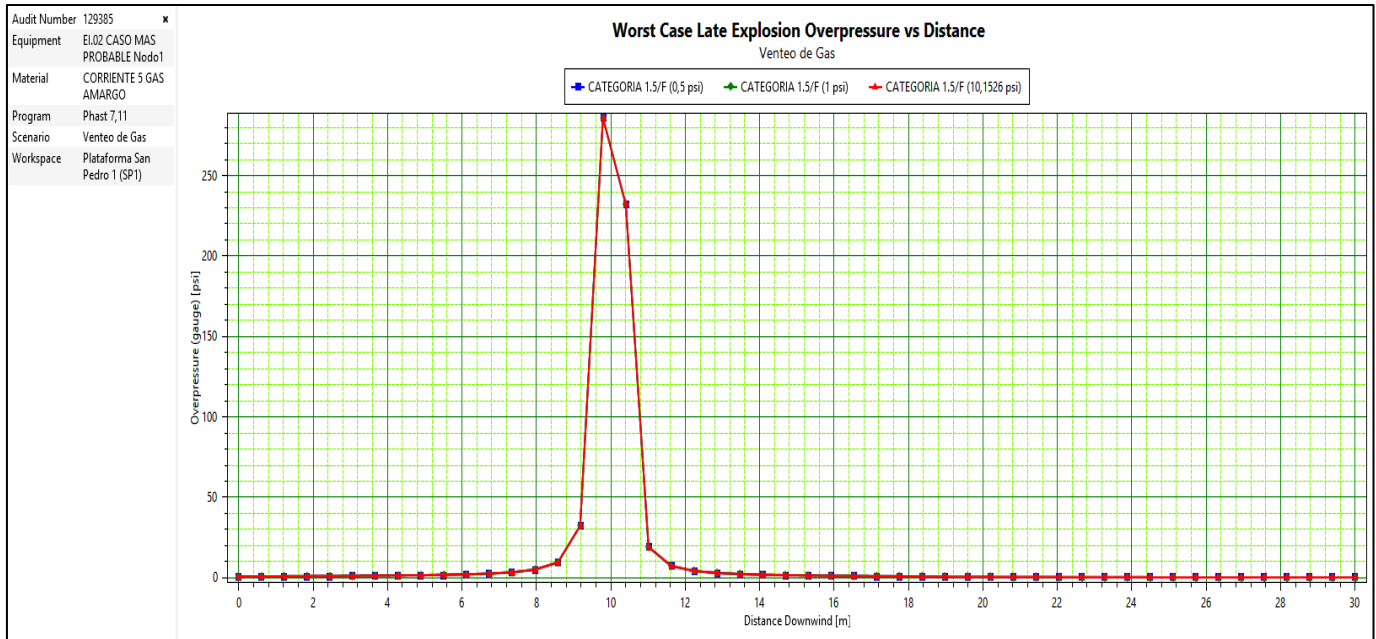
*La distancia mostrada para cada nivel de sobrepresión se considera a partir del punto de fuga.



Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)



La representación gráfica muestra las distancias para los puntos de ignición en el cual la masa flamable se encuentra en condiciones para producirse una explosión, para estos puntos se pueden alcanzar diferentes niveles de sobrepresión dependiendo de la masa flamable que participa en ese punto.





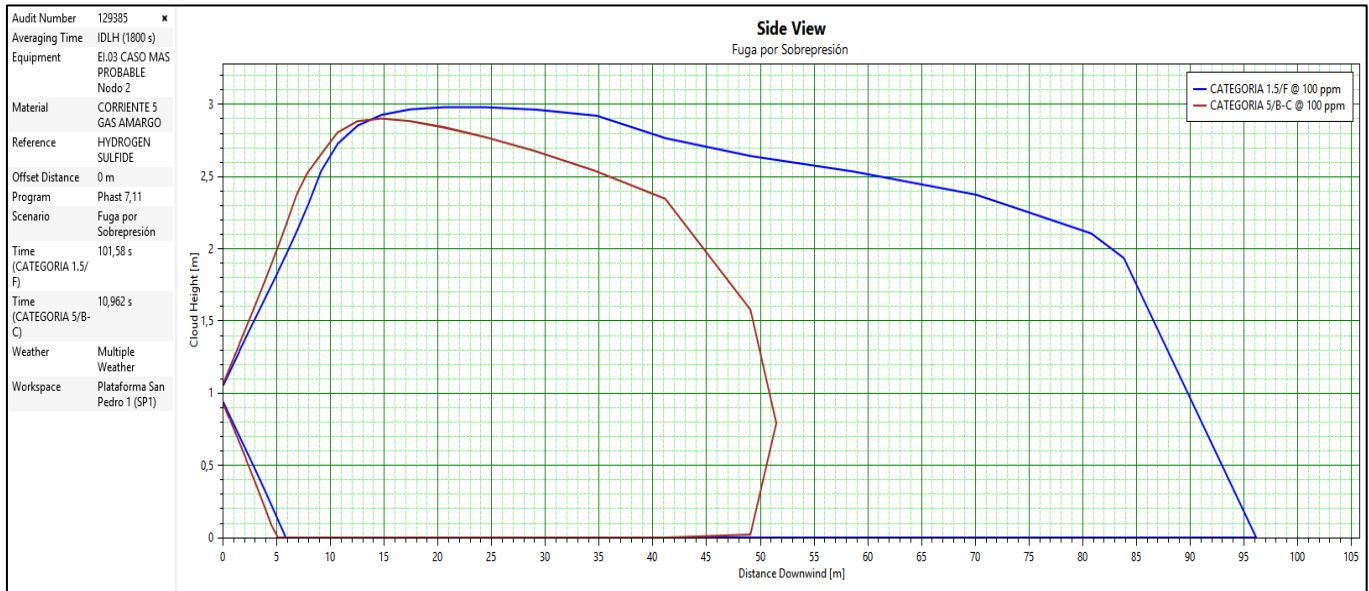
Escenario EI.03 Fuga de Gas amargo debido a una Sobrepresión en el MBF-301 con posible formación de nube tóxica, incendio y explosión con daño al personal medio ambiente y a la instalación derivado del paro de compresor por falla mecánica CAS-401.

I. Datos del Escenario									
Clave: EI.03		Nombre: Fuga de Gas (Mezcla de hidrocarburos crudo, gas y agua)					Tipo Ce caso: MP		
Elaboro: PCE		Descripción: Fuga de Gas amargo debido a una Sobrepresión en el MBF-301 con posible formación de nube tóxica, incendio y explosión con daño al personal medio ambiente y a la instalación derivado del paro de compresor por falla mecánica CAS-401.							
Objetivo:		Evaluar escenarios de incendio y/o explosión					Phast 7.11		
II. Sustancias Involucradas									
Nombre		Composición:		% molar		% másico		% volumétrico	
Ver Tabla 4.7-2 Composición típica Del Gas.									
III. Condiciones de confinamiento y características de liberación.									
Presión:	8.78 Kg/cm ²	Temperatura:	70 °C	Estado:	Vapor:	Líquido debajo de su p.e.	Líquido arriba de su p.e.		
Fase de material liberado:			Vapor:		Líquido		Vapor y líquido	X	
Contenedor:	Cilindro		Esfera		Tubería:	X	Otro		
Alto del recipiente:		Diámetro de la tubería:			8 in	Largo:	20		
Diámetro equivalente de orificio	0.75 in			Elevación del punto de liberación:			1		
Dirección de fuga:	Vertical:	Horizontal:	X	Hacia abajo	Golpe contra:	Inclinada	Angulo		
Tiempo estimado de liberación:			600 seg	Masa que participa			3942.42 kg		
IV. Condiciones atmosféricas y del entorno									
Pares (velocidad del viento, e estabilidad atmosférica):					1.5 m/seg (Tipo F) y 5 (Tipo B/C)				
Temperatura atmosférica:					38 °C				
Temperatura del suelo (si distinta atmosférica):									
Humedad atmosférica					80 %				
Tipo Ce suelo:					Ambiente marino				
Direcciones dominantes del viento:					-				
V. Lugares de particular interés (Descripción y distancia del punto de fuga)									
Sitio 1		Sitio 2			Sitio 3		Sitio 4		
VI. Estado finales de análisis									
Jet fire:	Charco de fuego	Incendio de nube:	Explosión de nube: X	BLEVE /bola de fuego	Nube tóxica				
X									
Notas: 1	PC= Peor caso MP= Caso Más Probable CA= Caso Alternó								



De los resultados obtenidos a través del modelo se desprenden las siguientes gráficas:

Comportamiento de fuga (dirección y altura).



De los resultados obtenidos a través del modelo se desprenden los siguientes datos:

Tabla 4.20-7 Resultados de Consecuencias Nube Tóxica, Escenario EI.03

Centro de Trabajo: San Pedro 1		
Planta o área de trabajo: Plataforma San Pedro 1 (SP1).		
Condiciones del sitio	Concentración	
	IDLH (100 ppm)	STEL (15 ppm)
	Distancia (m)	
1.5 m/s, Estabilidad F	96.1245	No Alcanzado
5.0 m/s Estabilidad B/C	48.979	No Alcanzado

En la tabla 4.20-8 se muestran los resultados de consecuencias de incendio de dardo de fuego (Jet Fire) para el Escenario EI.03, los cuales fueron obtenidos empleando el simulador PHAST, además se consideró las condiciones de presión y temperatura a las que ocurre el evento.



**Tabla 4.20-8 Resultados de Consecuencias de Incendio de Dardo de Fuego,
Escenario EI.03**

Centro de Trabajo: San Pedro 1			
Planta o área de trabajo: Plataforma San Pedro 1 (SP1).			
Condiciones del sitio	Radiación (kw/m ²)		
	37.5	5.0	1.4
	Distancia (m)		
1.5 m/s, Estabilidad F	No Alcanzado	4.5490	8.6086
5 m/s Estabilidad B/C	No Alcanzado	4.4969	8.0917

Los resultados mostrados refieren al rango de radiación emitido para las dos condiciones de estabilidad y velocidad de los vientos reportados.

La zona de afectación a instalaciones está determinada por el nivel de radiación de 37.5 kw/m² a los (No Alcanzados) metros para una estabilidad de 1.5/F y (No Alcanzados) metros para una estabilidad de 5B-C. En este punto puede existir daño a equipos de proceso; colapso de estructuras, causando 100% de mortalidad en 1 minuto.

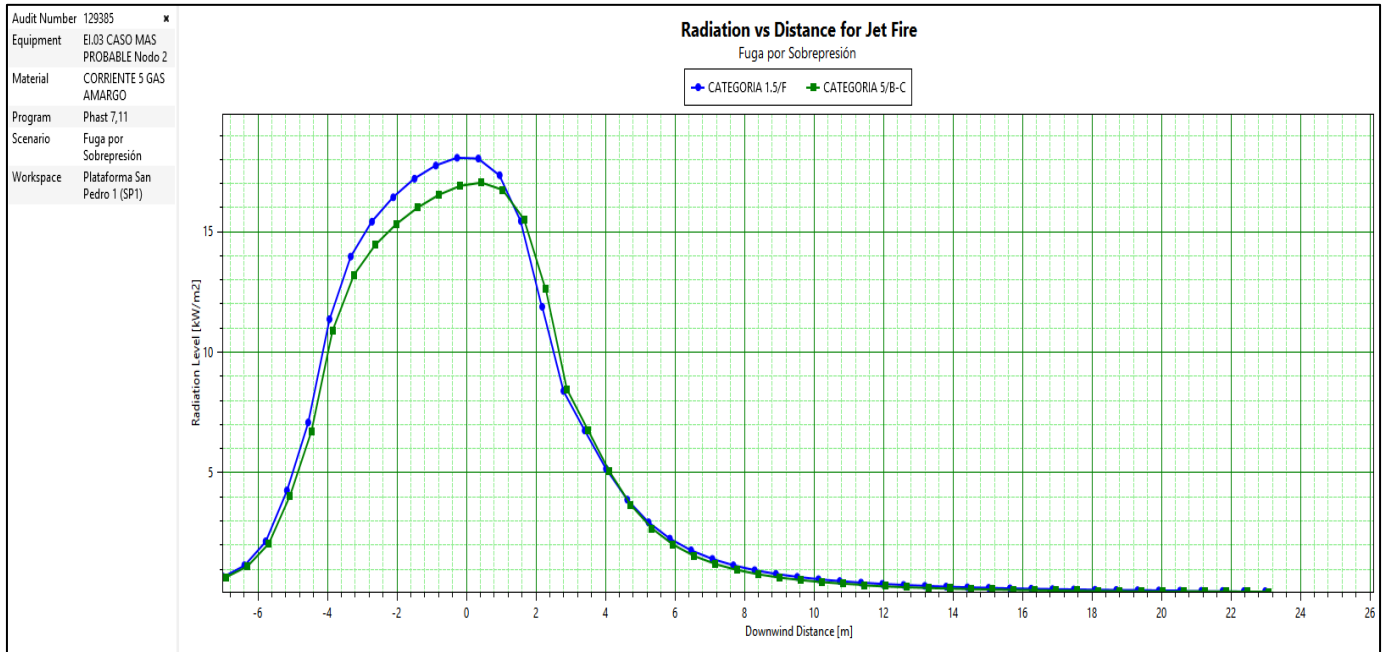
La zona de riesgo está determinada por el nivel de radiación de 5 kw/m² a los (4.5490) metros para una estabilidad de 1.5/F y (4.4969) metros para una estabilidad de 5B-C. En este punto para una persona (piel desnuda) el umbral de dolor se alcanza aproximadamente a los 13 segundos de exposición y con 40 segundos pueden producirse quemaduras de segundo grado, cuando la temperatura de la piel llega hasta 55°C aparecen ampollas. Cabe mencionar que es una zona de peligro solamente para personas sin protección.

La zona de amortiguamiento está determinada por un valor de radiación de 1.4 kw/m², a los (8.6086) metros para una estabilidad de 1.5/F y (8.0917) metros para una estabilidad de 5B-C.

Para más detalle respecto a los resultados mostrados por el simulador Phast 7.11 ver Anexo B.



El gráfico siguiente muestra el nivel de radiación a partir de la flama por el efecto de jet fire.



Consecuencias por Nubes Explosivas

Los resultados por sobrepresión para el escenario EI.03 se muestran en la tabla 4.20-9.

Tabla 4.20-9 Resultados de Consecuencias de Nube Explosiva EI.03

Planta o área de trabajo: Plataforma San Pedro 1 (SP1).					
Distancia a punto de ignición (m)	Condiciones del sitio	Masa flamable (Supplied Flamable Mass)	Sobrepresión (bar)		
			0.03 (radio de afectación en m)	0.06 (radio de afectación en m)	0.70 (radio de afectación en m)
10	1.5 m/s, Estabilidad F	0.19	24.87	18.04	11.71
20	1.5 m/s, Estabilidad F	0.19	34.87	28.04	21.71
30	1.5 m/s, Estabilidad F	No Alcanzado	No Alcanzado	No Alcanzado	No Alcanzado
10	5 m/s, Estabilidad B-C	No Alcanzado	No Alcanzado	No Alcanzado	No Alcanzado
20	5 m/s, Estabilidad B-C	No Alcanzado	No Alcanzado	No Alcanzado	No Alcanzado
30	5 m/s, Estabilidad B-C	No Alcanzado	No Alcanzado	No Alcanzado	No Alcanzado

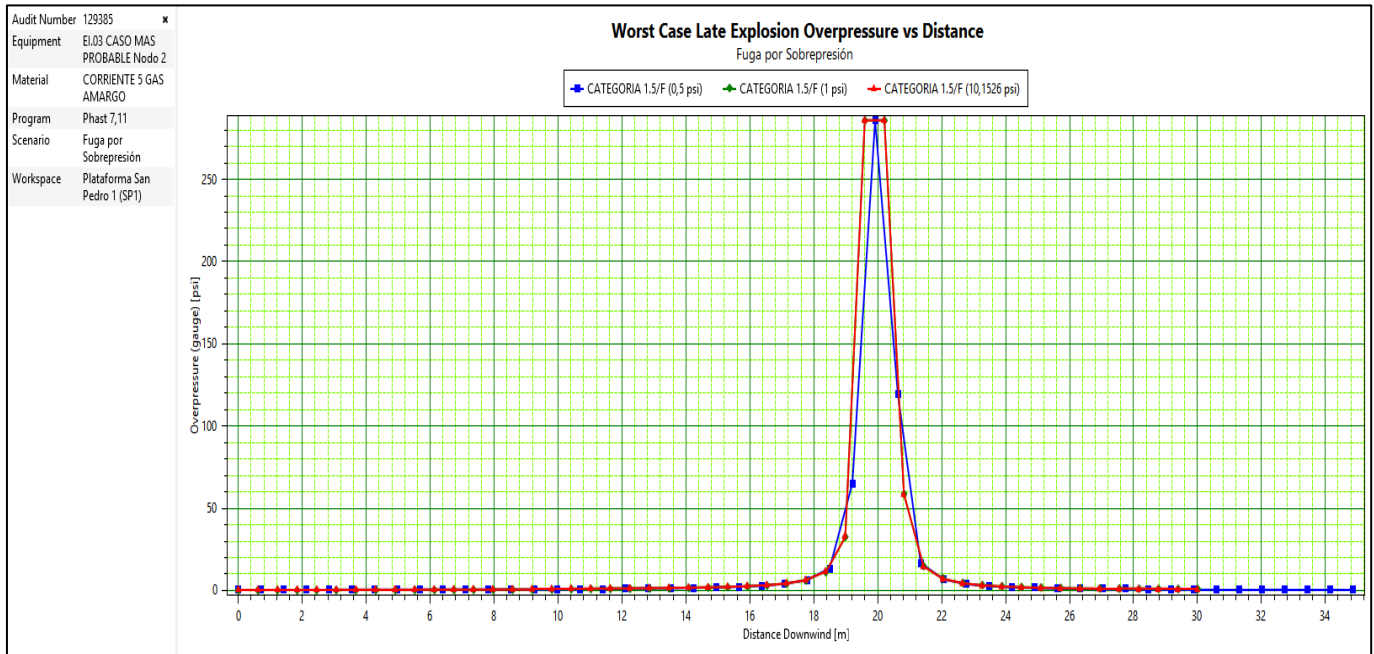
*La distancia mostrada para cada nivel de sobrepresión se considera a partir del punto de fuga.



Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)



La representación gráfica muestra las distancias para los puntos de ignición en el cual la masa flamable se encuentra en condiciones para producirse una explosión, para estos puntos se pueden alcanzar diferentes niveles de sobrepresión dependiendo de la masa flamable que participa en ese punto.





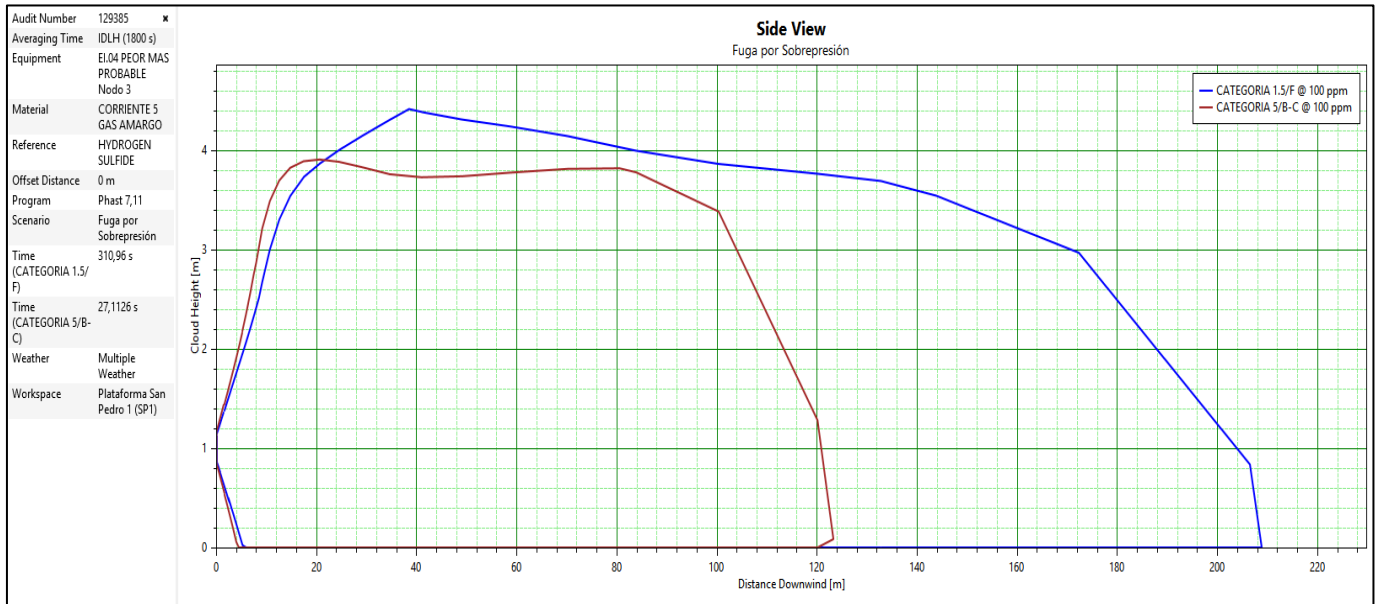
Escenario EI.04 Fuga de Gas amargo en uniones bridadas debido a una sobrepresión en línea de descarga del compresor, con posible formación de nube tóxica, incendio, explosión con daño al personal, medio ambiente y a las instalaciones debido al cierre de la válvula manual BF-30201 por error humano.

I. Datos del Escenario									
Clave: EI.04		Nombre: Fuga de Gas (Mezcla de hidrocarburos crudo, gas y agua)					Tipo Ce caso: MP		
Elaboro: PCE		Descripción: Fuga de Gas amargo en uniones bridadas debido a una sobrepresión en línea de descarga del compresor, con posible formación de nube tóxica, incendio, explosión con daño al personal, medio ambiente y a las instalaciones debido al cierre de la válvula manual BF-30201 por error humano							
Objetivo:		Evaluar escenarios de incendio y/o explosión					Phast 7.11		
II. Sustancias Involucradas									
Nombre		Composición:		% molar		% másico		% volumétrico	
Ver Tabla 4.7-2 Composición típica Del Gas.									
III. Condiciones de confinamiento y características de liberación.									
Presión:		Temperatura:		Estado:		Vapor:		Líquido debajo de su p.e.	
64.682 Kg/cm ²		70 °C		X				Líquido arriba de su p.e.	
Fase de material liberado:				Vapor:		Líquido		Vapor y líquido	
				X					
Contenedor:		Cilindro		Esfera		Tubería:		Otro	
						X			
Alto del recipiente:		Diámetro de la tubería:				3 in		Largo:	
								20	
Diámetro equivalente de orificio		0.6 in		Elevación del punto de liberación:				1	
Dirección de fuga:		Vertical:		Horizontal:		Hacia abajo		Golpe contra:	
		X						Inclinada	
								Angulo	
Tiempo estimado de liberación:				600 seg		Masa que participa			1951.62 kg
IV. Condiciones atmosféricas y del entorno									
Pares (velocidad del viento, e estabilidad atmosférica):						1.5 m/seg (Tipo F) y 5 (Tipo B/C)			
Temperatura atmosférica:						38 °C			
Temperatura del suelo (si distinta atmosférica):									
Humedad atmosférica						80 %			
Tipo Ce suelo:						Ambiente marino			
Direcciones dominantes del viento:						-			
V. Lugares de particular interés (Descripción y distancia del punto de fuga)									
Sitio 1			Sitio 2			Sitio 3			Sitio 4
VI. Estado finales de análisis									
Jet fire:		Charco de fuego		Incendio de nube:		Explosión de nube:		BLEVE /bola de fuego	
X						X			
Notas: 1		PC= Peor caso MP= Caso Más Probable CA= Caso Alterno							



De los resultados obtenidos a través del modelo se desprenden las siguientes gráficas:

Comportamiento de fuga (dirección y altura).



De los resultados obtenidos a través del modelo se desprenden los siguientes datos:

Tabla 4.20-10 Resultados de Consecuencias Nube Tóxica, Escenario EI.04

Centro de Trabajo: San Pedro 1		
Planta o área de trabajo: Plataforma San Pedro 1 (SP1).		
Condiciones del sitio	Concentración	
	IDLH (100 ppm)	STEL (15 ppm)
	Distancia (m)	
1.5 m/s, Estabilidad F	208.839	No Alcanzado
5.0 m/s Estabilidad B/C	123.223	No Alcanzado

En la tabla 4.20-11 se muestran los resultados de consecuencias de incendio de dardo de fuego (Jet Fire) para el Escenario EI.04, los cuales fueron obtenidos empleando el simulador PHAST, además se consideró las condiciones de presión y temperatura a las que ocurre el evento.



Tabla 4.20-11 Resultados de Consecuencias de Incendio de Dardo de Fuego, Escenario EI.04

Centro de Trabajo: San Pedro 1			
Planta o área de trabajo: Plataforma San Pedro 1 (SP1).			
Condiciones del sitio	Radiación (kw/m ²)		
	37.5	5.0	1.4
	Distancia (m)		
1.5 m/s, Estabilidad F	6.3276	15.2172	28.7421
5 m/s Estabilidad B/C	8.1220	14.9307	28.4338

Los resultados mostrados refieren al rango de radiación emitido para las dos condiciones de estabilidad y velocidad de los vientos reportados.

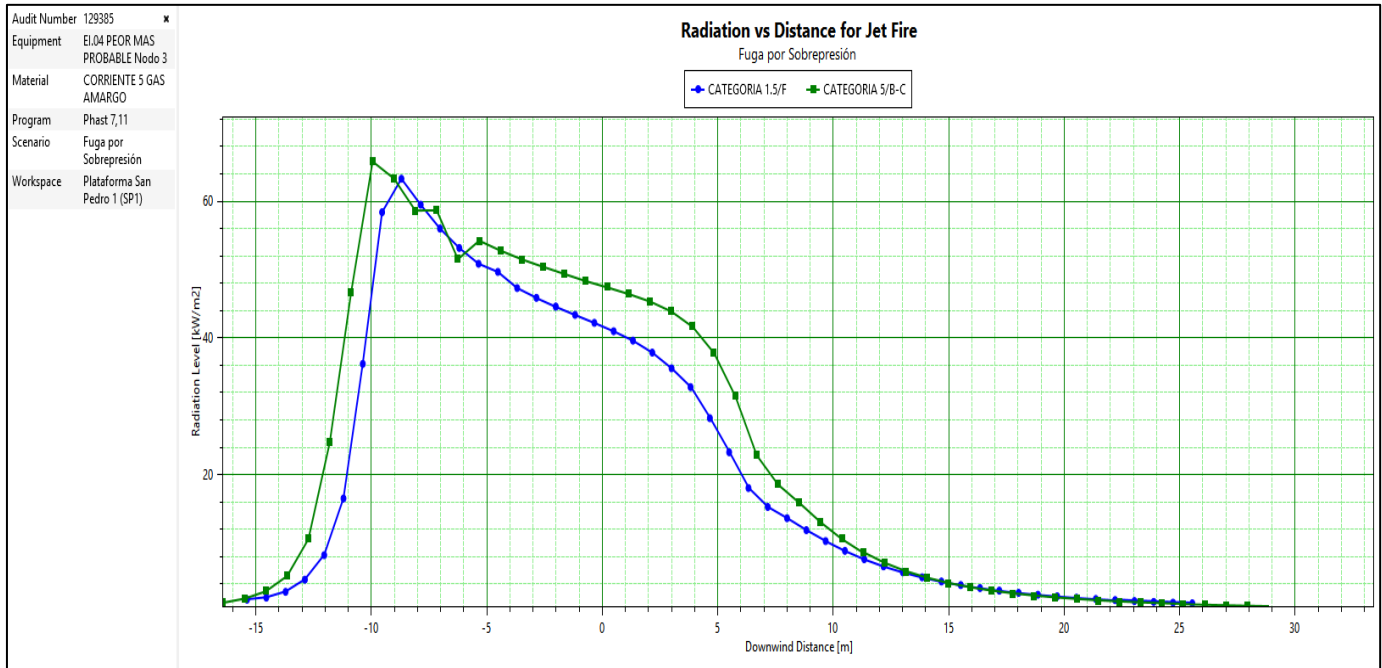
La zona de afectación a instalaciones está determinada por el nivel de radiación de 37.5 kw/m² a los (6.3276) metros para una estabilidad de 1.5/F y (8.1220) metros para una estabilidad de 5B-C. En este punto puede existir daño a equipos de proceso; colapso de estructuras, causando 100% de mortalidad en 1 minuto.

La zona de riesgo está determinada por el nivel de radiación de 5 kw/m² a los (15.2172) metros para una estabilidad de 1.5/F y (14.9307) metros para una estabilidad de 5B-C. En este punto para una persona (piel desnuda) el umbral de dolor se alcanza aproximadamente a los 13 segundos de exposición y con 40 segundos pueden producirse quemaduras de segundo grado, cuando la temperatura de la piel llega hasta 55°C aparecen ampollas. Cabe mencionar que es una zona de peligro solamente para personas sin protección.

La zona de amortiguamiento está determinada por un valor de radiación de 1.4 kw/m², a los (28.7421) metros para una estabilidad de 1.5/F y (28.4338) metros para una estabilidad de 5B-C.

Para más detalle respecto a los resultados mostrados por el simulador Phast 7.11 ver Anexo B.

El gráfico siguiente muestra el nivel de radiación a partir de la flama por el efecto de jet fire.



Consecuencias por Nubes Explosivas

Los resultados por sobrepresión para el escenario EI.04 se muestran en la tabla 4.20-12.

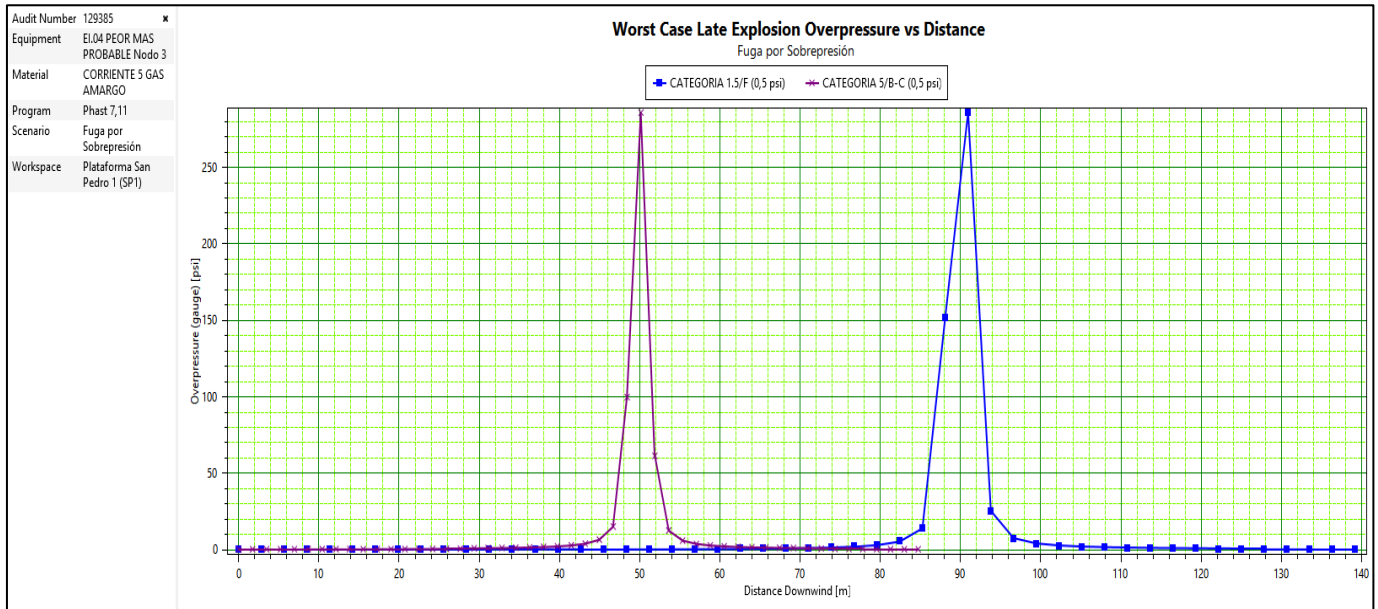
Tabla 4.20-12 Resultados de Consecuencias de Nube Explosiva EI.04

Planta o área de trabajo: Plataforma San Pedro 1 (SP1).					
Distancia a punto de ignición (m)	Condiciones del sitio	Masa flamable (Supplied Flamable Mass)	Sobrepresión (bar)		
			0.03 (radio de afectación en m)	0.06 (radio de afectación en m)	0.70 (radio de afectación en m)
10	1.5 m/s, Estabilidad F	1.31	38.37	25.33	13.26
20	1.5 m/s, Estabilidad F	4.27	62.05	42.73	24.82
30	1.5 m/s, Estabilidad F	6.49	78.35	56.13	35.55
10	5 m/s Estabilidad B-C	1.13	37.00	24.59	13.10
20	5 m/s Estabilidad B-C	2.30	54.22	38.50	23.93
30	5 m/s Estabilidad B-C	2.41	64.73	48.77	33.99

*La distancia mostrada para cada nivel de sobrepresión se considera a partir del punto de fuga.



La representación gráfica muestra las distancias para los puntos de ignición en el cual la masa flamable se encuentra en condiciones para producirse una explosión, para estos puntos se pueden alcanzar diferentes niveles de sobrepresión dependiendo de la masa flamable que participa en ese punto.





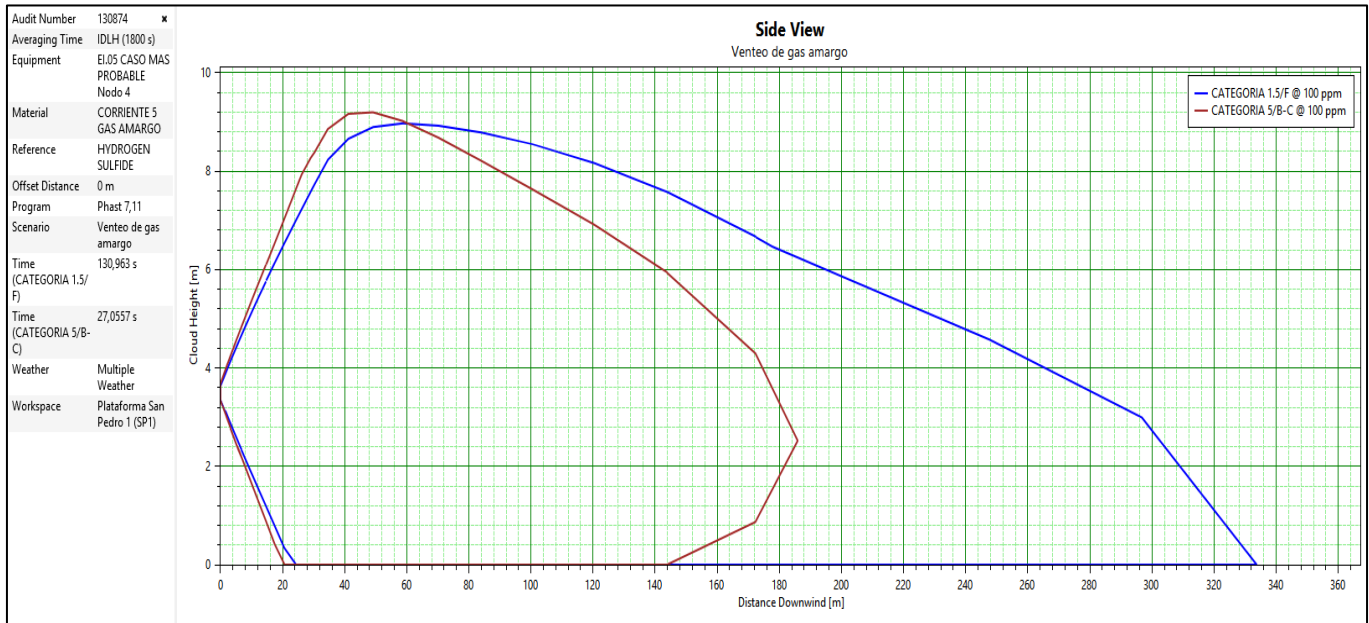
Escenario EI.05 Venteo de Gas amargo derivado de la Apertura de la válvula de presión vacío PVSV-60101 con daño a tanque con posible formación de nube tóxica con daño al personal y a la instalación

I. Datos del Escenario									
Clave: EI.05		Nombre: Venteo de Gas Amargo					Tipo C caso: MP		
Elaboro: PCE		Descripción: Venteo de Gas amargo derivado de la Apertura de la válvula de presión vacío PVSV-60101 con daño a tanque con posible formación de nube tóxica con daño al personal y a la instalación							
Objetivo:		Evaluar escenarios de incendio y/o explosión					Phast 7.11		
II. Sustancias Involucradas									
Nombre	Composición:	% molar		% másico		% volumétrico			
Ver Tabla 4.7-2 Composición típica Del Gas.									
III. Condiciones de confinamiento y características de liberación.									
Presión:	1.03 Kg/cm ²	Temperatura:	38 °C	Estado:	Vapor:	Líquido debajo de su p.e.	Líquido arriba de su p.e.		
Fase de material liberado:			Vapor:	X	Líquido		Vapor y líquido		
Contenedor:	Cilindro		Esfera		Tubería:	X	Otro		
Alto del recipiente:		Diámetro de la tubería:			3 in	Largo:	20		
Diámetro equivalente de orificio	6 in			Elevación del punto de liberación:			1		
Dirección de fuga:	Vertical:	Horizontal:	X	Hacia abajo	Golpe contra:	Inclinada	Angulo		
Tiempo estimado de liberación:			1800 seg	Masa que participa			4.176 kg		
IV. Condiciones atmosféricas y del entorno									
Pares (velocidad del viento, e estabilidad atmosférica):					1.5 m/seg (Tipo F) y 5 (Tipo B/C)				
Temperatura atmosférica:					38 °C				
Temperatura del suelo (si distinta atmosférica):									
Humedad atmosférica					80 %				
Tipo Ce suelo:					Ambiente marino				
Direcciones dominantes del viento:					-				
V. Lugares de particular interés (Descripción y distancia del punto de fuga)									
Sitio 1		Sitio 2			Sitio 3		Sitio 4		
VI. Estado finales de análisis									
Jet fire:	Charco de fuego	Incendio de nube:	Explosión de nube:	X	BLEVE /bola de fuego	Nube tóxica:			
Notas: 1 PC= Peor caso MP= Caso Más Probable CA= Caso Alterno									



De los resultados obtenidos a través del modelo se desprenden las siguientes gráficas:

Comportamiento de fuga (dirección y altura).



De los resultados obtenidos a través del modelo se desprenden los siguientes datos:

Tabla 4.20-13 Resultados de Consecuencias Nube Tóxica, Escenario EI.05

Centro de Trabajo: San Pedro 1		
Planta o área de trabajo: Plataforma San Pedro 1 (SP1).		
Condiciones del sitio	Concentración	
	IDLH (100 ppm)	STEL (15 ppm)
	Distancia (m)	
1.5 m/s, Estabilidad F	333.731	No Alcanzado
5.0 m/s Estabilidad B/C	156.984	No Alcanzado

En la tabla 4.20-13 se muestran los resultados de consecuencias de incendio de dardo de fuego (Jet Fire) para el Escenario EI.05, los cuales fueron obtenidos empleando el simulador PHAST, además se consideró las condiciones de presión y temperatura a las que ocurre el evento.



Tabla 4.20-14 Resultados de Consecuencias de Incendio de Dardo de Fuego, Escenario EI.05

Centro de Trabajo: San Pedro 1			
Planta o área de trabajo: Plataforma San Pedro 1 (SP1).			
Condiciones del sitio	Radiación (kw/m ²)		
	37.5	5.0	1.4
Distancia (m)			
1.5 m/s, Estabilidad F	No Alcanzado	42.4634	61.2046
5 m/s Estabilidad B/C	24.3338	44.8491	60.0445

Los resultados mostrados refieren al rango de radiación emitido para las dos condiciones de estabilidad y velocidad de los vientos reportados.

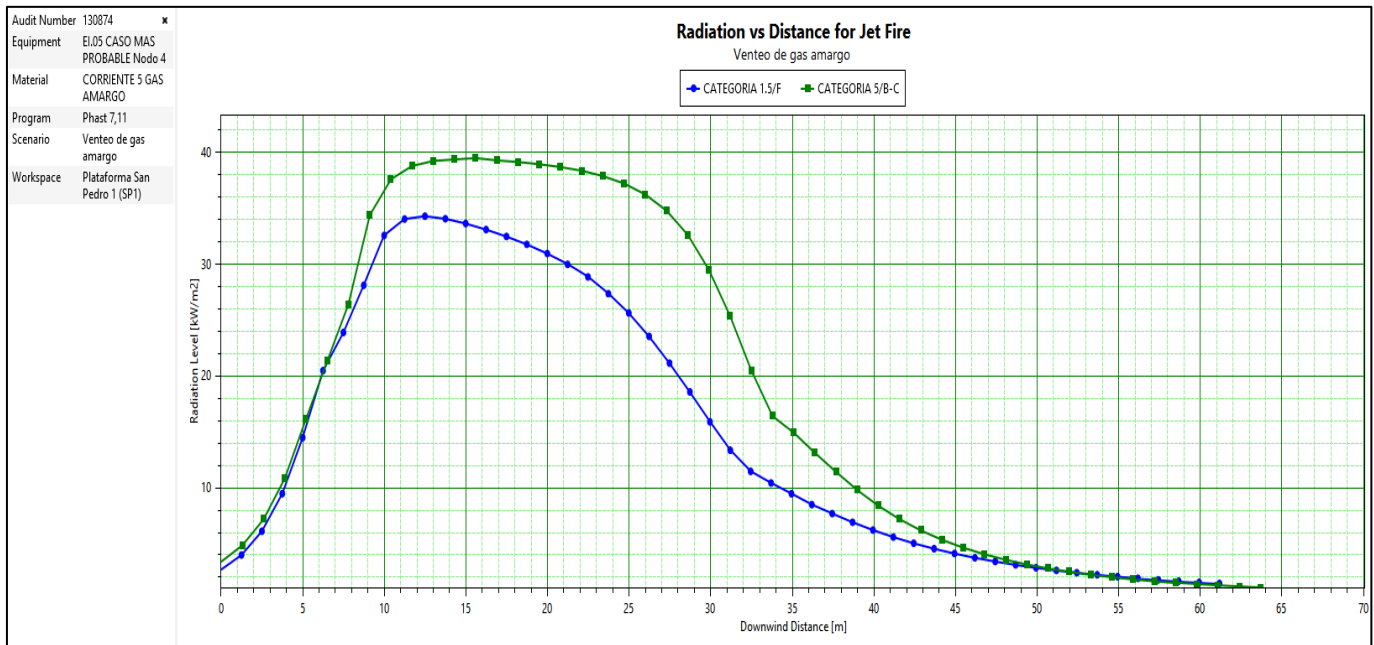
La zona de afectación a instalaciones está determinada por el nivel de radiación de 37.5 kw/m² a los (NA) metros para una estabilidad de 1.5/F y (24.3338) metros para una estabilidad de 5B-C. En este punto puede existir daño a equipos de proceso; colapso de estructuras, causando 100% de mortalidad en 1 minuto.

La zona de riesgo está determinada por el nivel de radiación de 5 kw/m² a los (42.4634) metros para una estabilidad de 1.5/F y (44.8491) metros para una estabilidad de 5B-C. En este punto para una persona (piel desnuda) el umbral de dolor se alcanza aproximadamente a los 13 segundos de exposición y con 40 segundos pueden producirse quemaduras de segundo grado, cuando la temperatura de la piel llega hasta 55°C aparecen ampollas. Cabe mencionar que es una zona de peligro solamente para personas sin protección.

La zona de amortiguamiento está determinada por un valor de radiación de 1.4 kw/m², a los (61.2046) metros para una estabilidad de 1.5/F y (60.0445) metros para una estabilidad de 5B-C.

Para más detalle respecto a los resultados mostrados por el simulador Phast 7.11 ver Anexo B.

El gráfico siguiente muestra el nivel de radiación a partir de la flama por el efecto de jet fire.



Consecuencias por Nubes Explosivas

Para este escenario no se obtuvieron resultado por nube explosiva

La representación gráfica muestra las distancias para los puntos de ignición en el cual la masa flamable se encuentra en condiciones para producirse una explosión, para estos puntos se pueden alcanzar diferentes niveles de sobrepresión dependiendo de la masa flamable que participa en ese punto.



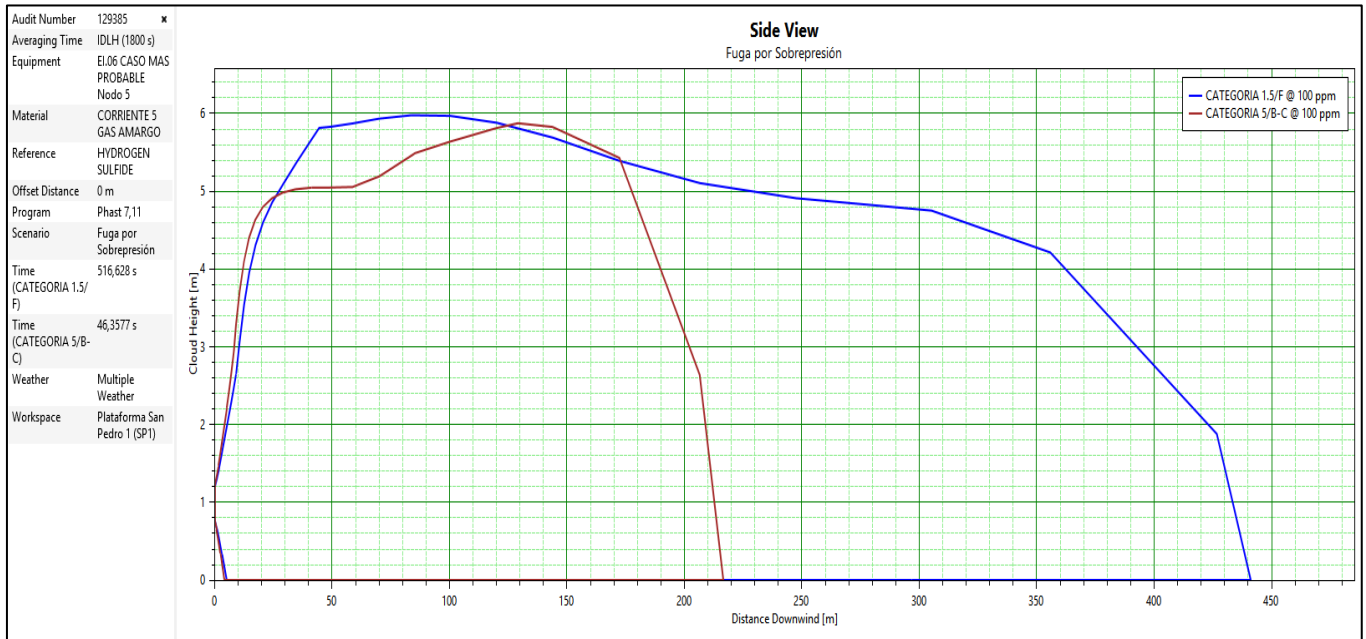
Escenario EI.06 Fuga de Gas amargo debido a una Sobrepresión en línea de inyección de gas de alta presión; con formación de nube tóxica, incendio, explosión con daño al personal, medio ambiente y a las instalaciones derivado del cierre de la válvula manual de 3”

I. Datos del Escenario										
Clave: EI.06		Nombre: Fuga de Gas					Tipo Ce caso: MP			
Elaboro: PCE		Descripción: Fuga de Gas amargo debido a una Sobrepresión en línea de inyección de gas de alta presión; con formación de nube tóxica, incendio, explosión con daño al personal, medio ambiente y a las instalaciones derivado del cierre de la válvula manual de 3”								
Objetivo:		Evaluar escenarios de incendio y/o explosión					Phast 7.11			
II. Sustancias Involucradas										
Nombre		Composición:		% molar		% másico		% volumétrico		
Ver Tabla 4.7-2 Composición típica Del Gas.										
III. Condiciones de confinamiento y características de liberación.										
Presión:		Temperatura:		Estado:		Vapor:		Líquido debajo de su p.e.		
244.31 Kg/cm ²		70 °C						Líquido arriba de su p.e.		
Fase de material liberado:			Vapor:		Líquido		Vapor y líquido			
			X				X			
Contenedor:		Cilindro		Esfera		Tubería:		Otro		
						X				
Alto del recipiente:		Diámetro de la tubería:				3 in		Largo:		20
Diámetro equivalente de orificio		0.6 in			Elevación del punto de liberación:			1		
Dirección de fuga:		Vertical:		Horizontal:		Hacia abajo		Golpe contra:		Inclinada
				X						
Tiempo estimado de liberación:			1800 seg		Masa que participa			8111.64 kg		
IV. Condiciones atmosféricas y del entrono										
Pares (velocidad del viento, e estabilidad atmosférica):						1.5 m/seg (Tipo F) y 5 (Tipo B/C)				
Temperatura atmosférica:						38 °C				
Temperatura del suelo (si distinta atmosférica):										
Humedad atmosférica						80 %				
Tipo Ce suelo:						Ambiente marino				
Direcciones dominantes del viento:						-				
V. Lugares de particular interés (Descripción y distancia del punto de fuga)										
Sitio 1		Sitio 2			Sitio 3			Sitio 4		
VI. Estado finales de análisis										
Jet fire: X		Charco de fuego		Incendio de nube:		Explosión de nube: X		BLEVE /bola de fuego		Nube tóxica: X
Notas: 1		PC= Peor caso MP= Caso Más Probable CA= Caso Alterno								



De los resultados obtenidos a través del modelo se desprenden las siguientes gráficas:

Comportamiento de fuga (dirección y altura).



De los resultados obtenidos a través del modelo se desprenden los siguientes datos:

Tabla 4.20-21 Resultados de Consecuencias Nube Tóxica, Escenario EI.06

Centro de Trabajo: San Pedro 1		
Planta o área de trabajo: Plataforma San Pedro 1 (SP1).		
Condiciones del sitio	Concentración	
	IDLH (100 ppm)	STEL (15 ppm)
	Distancia (m)	
1.5 m/s, Estabilidad F	441.113	No Alcanzado
5.0 m/s Estabilidad B/C	216.547	No Alcanzado

En la tabla 4.20-21 se muestran los resultados de consecuencias de incendio de dardo de fuego (Jet Fire) para el Escenario EI.06, los cuales fueron obtenidos empleando el simulador PHAST, además se consideró las condiciones de presión y temperatura a las que ocurre el evento.



**Tabla 4.20-21 Resultados de Consecuencias de Incendio de Dardo de Fuego,
Escenario EI.06**

Centro de Trabajo: San Pedro 1			
Planta o área de trabajo: Plataforma San Pedro 1 (SP1).			
Condiciones del sitio	Radiación (kw/m ²)		
	37.5	5.0	1.4
	Distancia (m)		
1.5 m/s, Estabilidad F	13.8351	33.8417	63.3897
5 m/s Estabilidad B/C	16.5706	33.8168	63.1447

Los resultados mostrados refieren al rango de radiación emitido para las dos condiciones de estabilidad y velocidad de los vientos reportados.

La zona de afectación a instalaciones está determinada por el nivel de radiación de 37.5 kw/m² a los (13.8351) metros para una estabilidad de 1.5/F y (16.5706) metros para una estabilidad de 5B-C. En este punto puede existir daño a equipos de proceso; colapso de estructuras, causando 100% de mortalidad en 1 minuto.

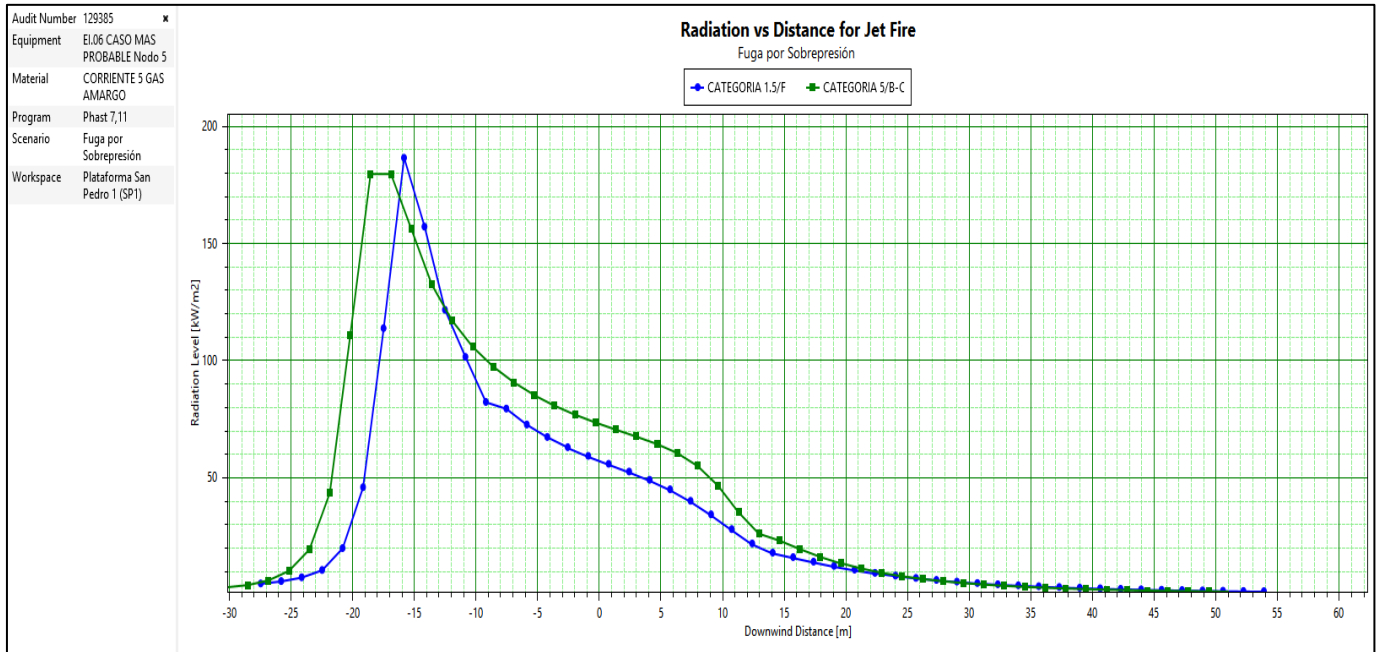
La zona de riesgo está determinada por el nivel de radiación de 5 kw/m² a los (33.8417) metros para una estabilidad de 1.5/F y (33.8168) metros para una estabilidad de 5B-C. En este punto para una persona (piel desnuda) el umbral de dolor se alcanza aproximadamente a los 13 segundos de exposición y con 40 segundos pueden producirse quemaduras de segundo grado, cuando la temperatura de la piel llega hasta 55°C aparecen ampollas. Cabe mencionar que es una zona de peligro solamente para personas sin protección.

La zona de amortiguamiento está determinada por un valor de radiación de 1.4 kw/m², a los (63.3897) metros para una estabilidad de 1.5/F y (63.1447) metros para una estabilidad de 5B-C.

Para más detalle respecto a los resultados mostrados por el simulador Phast 7.11 ver Anexo B.



El gráfico siguiente muestra el nivel de radiación a partir de la flama por el efecto de jet fire.



Consecuencias por Nubes Explosivas

Los resultados por sobrepresión para el escenario EI.04 se muestran en la tabla 4.20-12.

Tabla 4.20-22 Resultados de Consecuencias de Nube Explosiva EI.06

Planta o área de trabajo: Plataforma San Pedro 1 (SP1).					
Distancia a punto de ignición (m)	Condiciones del sitio	Masa flamable (Supplied Flamable Mass)	Sobrepresión (bar)		
			0.03 (radio de afectación en m)	0.06 (radio de afectación en m)	0.70 (radio de afectación en m)
10	1.5 m/s, Estabilidad F	1.86	41.89	27.24	13.66
20	1.5 m/s, Estabilidad F	10.93	77.53	51.09	26.60
30	1.5 m/s, Estabilidad F	24.03	104.81	70.43	38.58
10	5 m/s Estabilidad B-C	2.32	44.30	28.54	13.94
20	5 m/s Estabilidad B-C	9.50	74.90	49.68	26.30
30	5 m/s Estabilidad B-C	17.56	97.37	66.42	37.73

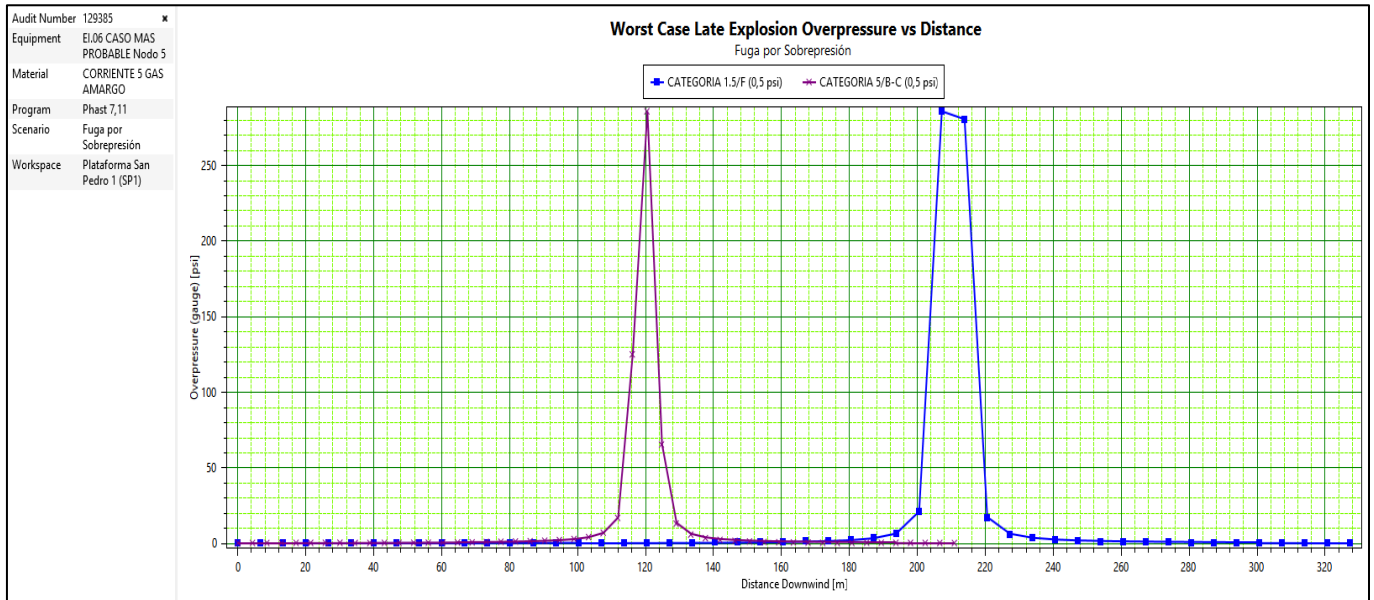
*La distancia mostrada para cada nivel de sobrepresión se considera a partir del punto de fuga.



Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)



La representación gráfica muestra las distancias para los puntos de ignición en el cual la masa flamable se encuentra en condiciones para producirse una explosión, para estos puntos se pueden alcanzar diferentes niveles de sobrepresión dependiendo de la masa flamable que participa en ese punto.





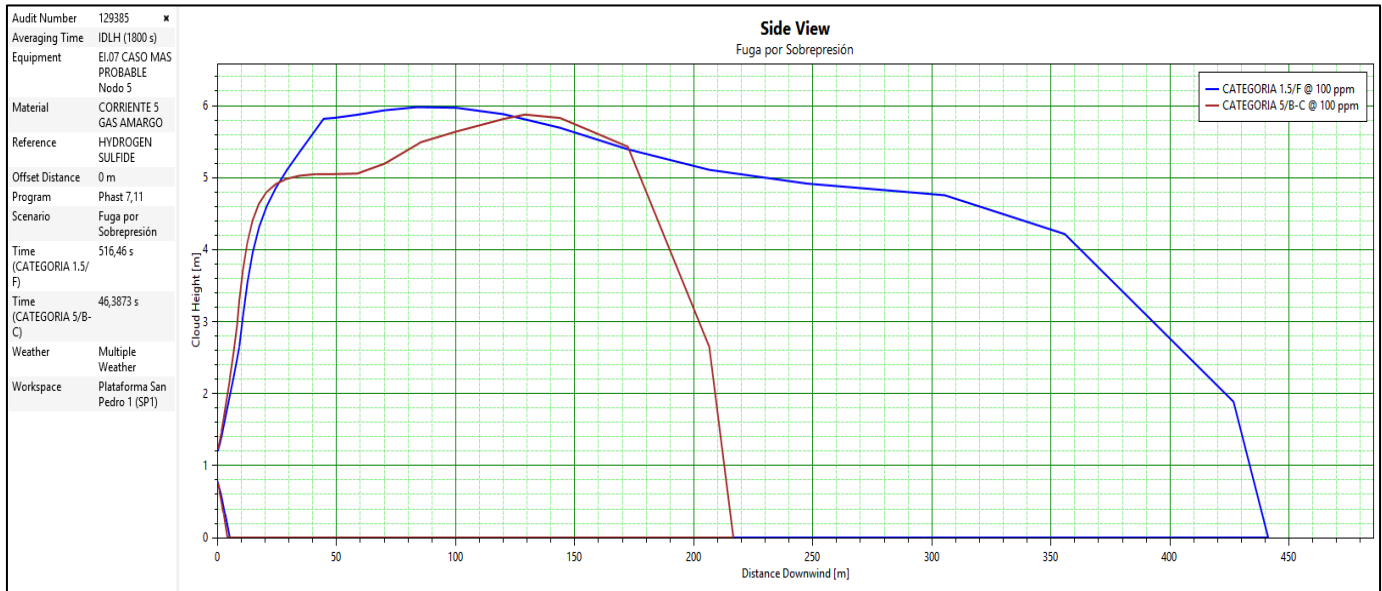
Escenario EI.07 Fuga de Gas amargo debido a una Sobrepresión en línea de inyección de gas de alta presión; con formación de nube tóxica, incendio, explosión con daño al personal, medio ambiente y a las instalaciones derivado del Bloqueo o restricción de la válvula de estrangulamiento

I. Datos del Escenario							
Clave: EI.07		Nombre: Fuga de Gas				Tipo Ce caso: MP	
Elaboro: PCE		Descripción: Fuga de Gas amargo debido a una Sobrepresión en línea de inyección de gas de alta presión; con formación de nube tóxica, incendio, explosión con daño al personal, medio ambiente y a las instalaciones derivado del Bloqueo o restricción de la válvula de estrangulamiento					
Objetivo:		Evaluar escenarios de incendio y/o explosión				Phast 7.11	
II. Sustancias Involucradas							
Nombre	Composición:	% molar		% másico		% volumétrico	
Ver Tabla 4.7-2 Composición típica Del Gas.							
III. Condiciones de confinamiento y características de liberación.							
Presión:	244.31 Kg/cm ²	Temperatura:	70 °C	Estado:	Vapor:	Líquido debajo de su p.e.	Líquido arriba de su p.e.
Fase de material liberado:			Vapor:	X	Líquido		Vapor y líquido
Contenedor:	Cilindro		Esfera		Tubería:	X	Otro
Alto del recipiente:		Diámetro de la tubería:			3 in	Largo:	20
Diámetro equivalente de orificio	0.6 in		Elevación del punto de liberación:			3.5	
Dirección de fuga:	Vertical:	Horizontal:	Hacia abajo	Golpe contra:	Inclinada	Angulo	
Tiempo estimado de liberación:			1800 seg	Masa que participa		8111.64 kg	
IV. Condiciones atmosféricas y del entorno							
Pares (velocidad del viento, e estabilidad atmosférica):					1.5 m/seg (Tipo F) y 5 (Tipo B/C)		
Temperatura atmosférica:					38 °C		
Temperatura del suelo (si distinta atmosférica):							
Humedad atmosférica					80 %		
Tipo Ce suelo:					Ambiente marino		
Direcciones dominantes del viento:					-		
V. Lugares de particular interés (Descripción y distancia del punto de fuga)							
Sitio 1		Sitio 2		Sitio 3		Sitio 4	
VI. Estado finales de análisis							
Jet fire: X	Charco de fuego	Incendio de nube:	Explosión de nube: X	BLEVE /bola de fuego	Nube tóxica: X		
Notas: 1		PC= Peor caso MP= Caso Más Probable CA= Caso Alterno					



De los resultados obtenidos a través del modelo se desprenden las siguientes gráficas:

Comportamiento de fuga (dirección y altura).



De los resultados obtenidos a través del modelo se desprenden los siguientes datos:

Tabla 4.20-23 Resultados de Consecuencias Nube Tóxica, Escenario EI.07

Centro de Trabajo: San Pedro 1		
Planta o área de trabajo: Plataforma San Pedro 1 (SP1).		
Condiciones del sitio	Concentración	
	IDLH (100 ppm)	STEL (15 ppm)
	Distancia (m)	
1.5 m/s, Estabilidad F	441.113	No Alcanzado
5.0 m/s Estabilidad B/C	216.547	No Alcanzado

En la tabla 4.20-24 se muestran los resultados de consecuencias de incendio de dardo de fuego (Jet Fire) para el Escenario EI.06, los cuales fueron obtenidos empleando el simulador PHAST, además se consideró las condiciones de presión y temperatura a las que ocurre el evento.



Tabla 4.20-24 Resultados de Consecuencias de Incendio de Dardo de Fuego, Escenario EI.07

Centro de Trabajo: San Pedro 1			
Planta o área de trabajo: Plataforma San Pedro 1 (SP1).			
Condiciones del sitio	Radiación (kw/m ²)		
	37.5	5.0	1.4
	Distancia (m)		
1.5 m/s, Estabilidad F	13.8351	33.8417	63.3897
5 m/s Estabilidad B/C	16.5706	33.8168	63.1447

Los resultados mostrados refieren al rango de radiación emitido para las dos condiciones de estabilidad y velocidad de los vientos reportados.

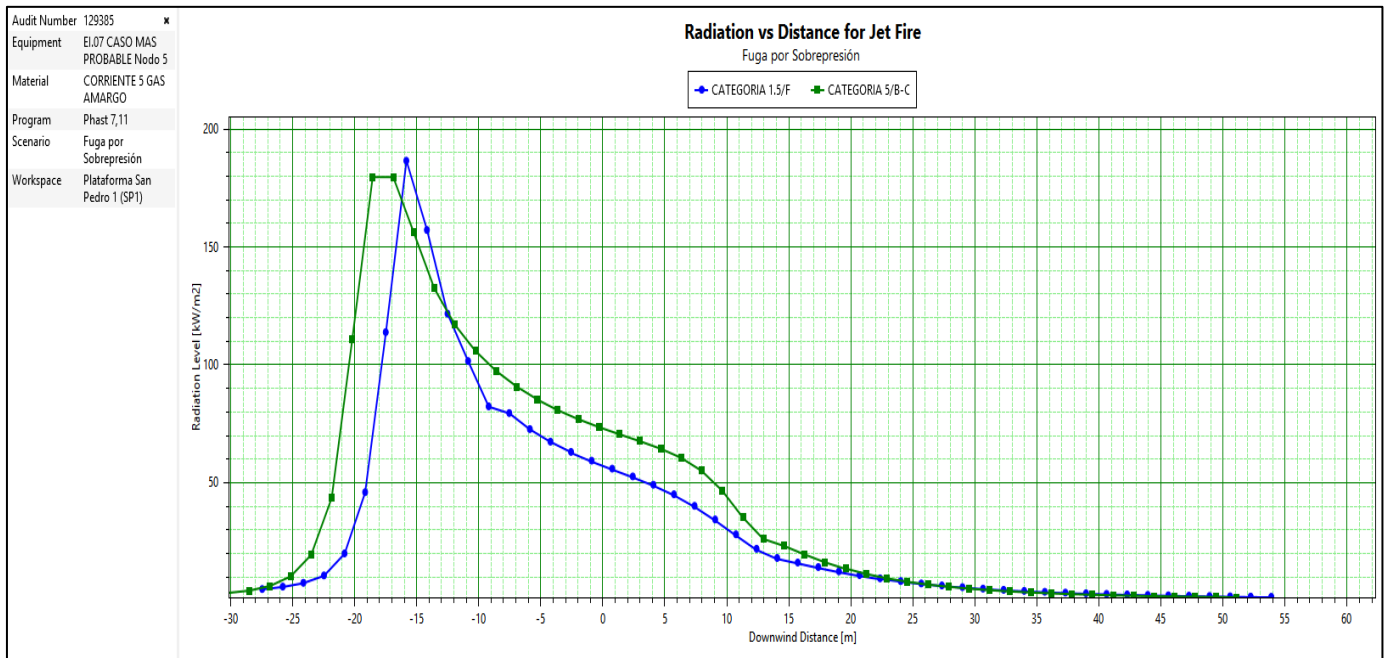
La zona de afectación a instalaciones está determinada por el nivel de radiación de 37.5 kw/m² a los (13.8351) metros para una estabilidad de 1.5/F y (16.5706) metros para una estabilidad de 5B-C. En este punto puede existir daño a equipos de proceso; colapso de estructuras, causando 100% de mortalidad en 1 minuto.

La zona de riesgo está determinada por el nivel de radiación de 5 kw/m² a los (33.8417) metros para una estabilidad de 1.5/F y (33.8168) metros para una estabilidad de 5B-C. En este punto para una persona (piel desnuda) el umbral de dolor se alcanza aproximadamente a los 13 segundos de exposición y con 40 segundos pueden producirse quemaduras de segundo grado, cuando la temperatura de la piel llega hasta 55°C aparecen ampollas. Cabe mencionar que es una zona de peligro solamente para personas sin protección.

La zona de amortiguamiento está determinada por un valor de radiación de 1.4 kw/m², a los (63.3897) metros para una estabilidad de 1.5/F y (63.1447) metros para una estabilidad de 5B-C.

Para más detalle respecto a los resultados mostrados por el simulador Phast 7.11 ver Anexo B.

El gráfico siguiente muestra el nivel de radiación a partir de la flama por el efecto de jet fire.



Consecuencias por Nubes Explosivas

Los resultados por sobrepresión para el escenario EI.07 se muestran en la tabla 4.20-25.

Tabla 4.20-25 Resultados de Consecuencias de Nube Explosiva EI.07

Planta o área de trabajo: Plataforma San Pedro 1 (SP1).					
Distancia a punto de ignición (m)	Condiciones del sitio	Masa flamable (Supplied Flamable Mass)	Sobrepresión (bar)		
			0.03 (radio de afectación en m)	0.06 (radio de afectación en m)	0.70 (radio de afectación en m)
10	1.5 m/s, Estabilidad F	1.86	41.89	27.24	13.66
20	1.5 m/s, Estabilidad F	10.93	77.53	51.09	26.60
30	1.5 m/s, Estabilidad F	24.03	104.81	70.43	38.58
10	5 m/s Estabilidad B-C	2.32	44.30	28.54	13.94
20	5 m/s Estabilidad B-C	9.50	74.90	49.68	26.30
30	5 m/s Estabilidad B-C	17.56	97.37	66.42	37.73

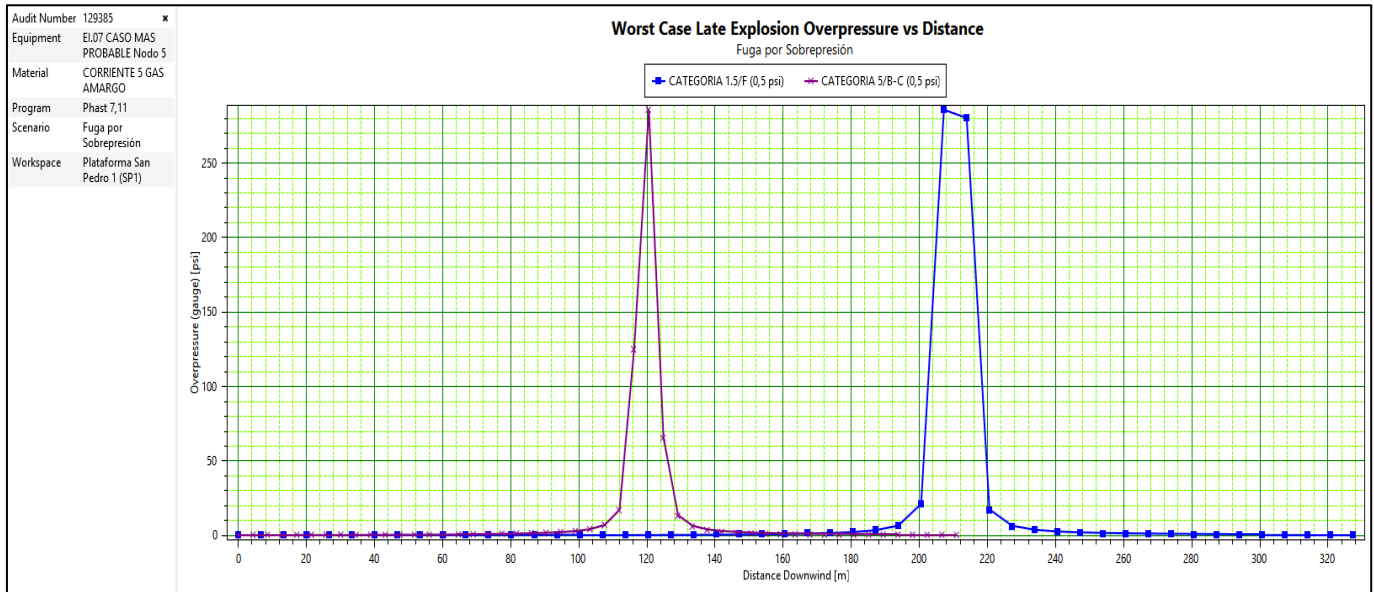
*La distancia mostrada para cada nivel de sobrepresión se considera a partir del punto de fuga.



Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)



La representación gráfica muestra las distancias para los puntos de ignición en el cual la masa flamable se encuentra en condiciones para producirse una explosión, para estos puntos se pueden alcanzar diferentes niveles de sobrepresión dependiendo de la masa flamable que participa en ese punto.





4.20 Recomendaciones para los Riesgos Analizados, Evaluados Y Jerarquizados de Acuerdo a la Matriz de Riesgos.

El diseño de una instalación nunca puede ser absolutamente seguro, completamente a prueba de errores humanos. La complejidad de las operaciones a llevar a cabo, la variedad de condiciones de trabajo, la adaptación a las condiciones de las materias primas y es siempre posible acontecimiento de un fallo no previsto son factores que hacen de la correcta operación un factor tan importante como el diseño inicial.

No se puede asegurar que una instalación bien diseñada con la mejor tecnología existente no pueda sufrir un accidente grave debido a un fallo de comunicación, a una operación de arranque o paro realizada de manera incorrecta, a un control insuficiente sobre las modificaciones o procedimientos de mantenimientos inadecuados, etc.

Para controlar los procesos se recurre cada vez más a complejos sistemas automáticos de control, el manejo de estos requiere operarios calificados y entrenados. Los programas de formación y adiestramiento y las simulaciones dinámicas del funcionamiento son cada vez más elementos vitales para lograr un alto grado de seguridad.

Asimismo, como resultado de la evaluación de consecuencias desarrollado en conformidad con las recomendaciones surgidas durante el desarrollo de la metodología de identificación de riesgos HazOp, se deberá contemplar la aplicación de las siguientes recomendaciones:



Tabla 4.21-1 Recomendaciones Surgidas de la metodología HazOp.

Recomendaciones	Lugar(es) utilizado(s)
1. Implementar un PIT en bajante de producción configurado a un SDMC con alarmas por alta y baja presión	Causas: 1.1.2, 1.2.1
2. Implementar un PIT en separadores de prueba y totales configurado a un SDMC con alarmas por alta y baja presión	Causas: 1.2.3
3. Implementar un LIT en tanques MBD-201-203 configurado a un SDMC con alarmas por alto y bajo flujo	Causas: 1.7.1, 1.8.1
4. Instalar una PDAH en filtro MAJ-201-203 en la línea de salida de separadores	Causas: 1.7.2
5. Implementar un PIT en el compresor CAS-401 configurado a un SDMC con alarmas por alta y baja presión	Causas: 2.1.2, 2.2.1, 3.2.1
6. Implementar un LIT en el MBF-302 configurado a un SDMC con alarmas por alto y bajo flujo.	Causas: 3.8.1
7 Implementar un PIT en separador MBF-301 configurado a un SDMC con alarmas por alta y baja presión	Causas: 2.1.3
8. Implementar un LIT en el MBF-301 configurado a un SDMC con alarmas por alto y bajo flujo.	Causas: 2.7.1, 2.8.1
9. Implementar un PIT en el filtro tipo canasta MAJ-601 configurado a un SDMC con una PDAH.	Causas: 4.2.1, 4.3.2
10. Instalar sistemas de detección de gas tóxico	Causas: 4.2.2
11. Implementar un PIT en línea de alimentación de gas hacia pozos SPI-POZO 1SXT y SPI-POZO 10 DST configurado al SDMC con alarmas por alta y baja presión.	Causas: 5.1.1, 5.1.2
12 Implementar un sistema de candados para el By-Pass con rotulación legible indicando normalmente Cerrada	Causas: 1.2.3

El presente documento tomó como referencia los lineamientos que se muestran dentro de las “Guías Técnicas para Realizar Análisis de Riesgos de Procesos” Clave: 800-16400-DCO-GT-75 Rev. 1 de fecha 03/08/2012, Criterios Técnicos para Simular Escenarios de Riesgo por Fugas y Derrames de Sustancias Peligrosas, en Instalaciones de Petróleos Mexicanos clave DCO-GDOESSSPA-CT-001, Rev.1, 2011, el COMERI 144 rev.2 y la NRF-018-PEMEX-2014.

Considerando las filosofías de operación, sistemas de seguridad, diagramas de tubería e instrumentación (DTI's) y planos de localización general (PLG's) de la Plataforma de producción San Pedro 1 (SP1), se analizó y se realizó el análisis de riesgo, identificación y cuantificación de los riesgos mayores, así como de la evaluación de la magnitud de los riesgos, considerando además el entorno donde se encuentra la instalación.



Una vez estimados los 7 escenarios seleccionados mediante el programa de simulación Phast 7.11, se puede observar que casi todos los escenarios presentaron afectación, en donde como evento final se presenta un incendio tipo dardo de fuego (Jet Fire), alcanzando una radiación de 37.5 kw/m², lo que indica que en caso de presentarse estos eventos, habrá daño a equipo de proceso, colapso de estructuras y mortalidad en radios de afectación de 8.60 hasta los 18.00 metros, dependiendo del origen de la fuga y del tipo de escenario que se presente, lo cual se puede observar en la siguiente tabla.

De igual manera analizando los resultados obtenidos por el programa de simulación Phast, se aprecia que en caso de presentarse cualquiera de estos eventos, se tendrán afectaciones a equipos de proceso, derivado de un nivel de sobrepresión de 0.7 bar .

Por otro lado se informa que la representación gráfica de las consecuencias a través de los diagramas pétalos, mismos que pueden observarse en el Anexo C, se consideraron en referencia a las vientos reinantes en la zona lo que esquematiza la posible trayectoria de la nube inflamable para cada uno de los eventos analizados y sus posibles afectaciones en bares para las instalaciones tomando como referencia tanto las condiciones ambientales más adversos.

Finalmente para mejorar las condiciones de seguridad de la instalación y mantener el nivel de riesgo en las condiciones tolerables obtenidas, se deberá implementar las recomendaciones emitidas en la metodología HazOp lo cual coadyuvará a mantener el nivel de riesgo de la instalación en los niveles de Riesgo Tolerable identificados y no pasar al nivel inmediato superior, que sería un riesgo indeseable Tipo B.

Como se ha mencionado en el desarrollo de este documento, dichos resultados son de suma importancia, ya que como se describe anteriormente, en caso de presentarse dichos eventos, los efectos sobre el personal, instalación y medio ambiente, son de alto impacto, por esta razón se han tomado para la determinación del SIL de la plataforma de producción San Pedro 1 (SP1) y así determinar si existe la necesidad de implementar más funciones instrumentadas de seguridad para mantener el riesgo dentro de parámetros tolerables para la operación de dicha instalación.



Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la
Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)



CAPÍTULO V

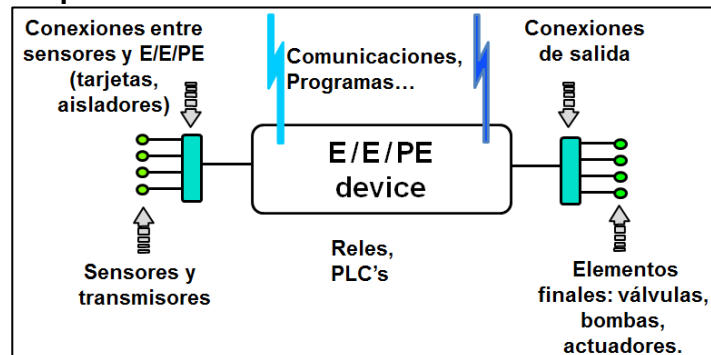
ANÁLISIS LOPA

Un paso previo a la asignación del NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) es llevar a cabo la identificación de todos los escenarios objeto de estudio, incluyendo:

- Identificación de FIS (Función Instrumentada de Seguridad) y sus correspondientes escenarios a partir de Matriz Causa-Efecto o descripción de enclavamientos, realizados a partir de la Ingeniería Básica o de Detalle.
- Identificación de escenarios adicionales identificados en el Análisis de Riesgos (HAZOP), para los cuales se requiere una SIF.
- Identificación SIF a partir del riesgo residual obtenido durante la evaluación de las consecuencias del Análisis de Riesgos.

Un Sistema Instrumentado de Seguridad (SIS) es un nuevo término usado en los estándares para designar un Sistema de Paro de Emergencia (ESD), Sistema de Enclavamientos, etc. Se define como un Sistema Instrumentado usado para implementar una o más funciones instrumentadas de Seguridad (FIS) y se compone de una o más combinaciones de sensores, lógica y elementos finales” como se muestra a continuación.

Figura 5-1 Componentes de una Función Instrumentada de Seguridad



5.1 Criterios para Determinar la Necesidad de un Sistema Instrumentado de Seguridad (SIS).

Para la determinación del NIS y con base a Criterios de Riesgo establecidos a nivel Internacional, tomando en consideración la magnitud y consecuencias de accidentes presentados en el área de la Industria Petrolera a nivel mundial, las compañías Reguladoras de Riesgo aceptadas a nivel Internacional, han establecido valores de



frecuencias de exposición al Riesgo Individual para fatalidades los criterios Intolerable, Tolerable y ampliamente aceptable.

La frecuencia de Riesgo Individual (frecuencia a la cual se puede esperar que un individuo reciba un nivel sostenido de daño, derivado de la existencia de peligros determinados) expresada en términos de eventos por año es la siguiente:

Tabla 5.1-1 Criterios de Riesgo Individual (STD)

Riesgo individual para fatalidades	Riesgo individual para fatalidades	
	Trabajadores	Terceros
Intolerable	$>10^{-3}$	$>10^{-4}$
Tolerable	10^{-3} a 10^{-5}	$<10^{-4}$
Ampliamente aceptable	$<10^{-5}$	

En la tabla 5.1-1, se observa, que se considera como Riesgo Individual tolerable para un trabajador, una probabilidad por año de 0.001 a 0.00001 (frecuencia por año de 10^{-3} a 10^{-5}) de estar expuesto a un riesgo que lo lleve a la muerte.

Con el fin de establecer el nivel requerido de integridad del sistema de seguridad se deben considerar los siguientes parámetros:

- a. La severidad de las consecuencias si el sistema de seguridad falla al operar en demanda.
- b. La probabilidad de que el personal sea expuesto al riesgo.
- c. Medidas de mitigación para reducir las consecuencias del evento de riesgo.
- d. La frecuencia con la cual el sistema de seguridad se requiere que actúe.

El proceso de asignación del (NIS) objetivo debe realizarse empleando el método de Frecuencias objetivo. Dicho procedimiento se basa en la selección de la frecuencia objetivo en función de la severidad de las consecuencias obtenidas del análisis de riesgo cuantitativo mediante el uso de la tabla 5.1-2

:



Tabla 5.1-2 Severidad del Riesgo y frecuencia objetivo

Severidad del Riesgo	CONSECUENCIA	FRECUENCIA OBJETIVO POR AÑO
MENOR	Impacto inicialmente limitado a un área local del evento con un potencial para una consecuencia más amplia si no se toman acciones correctivas. Por Ej. Fugas dentro barreras de contención, derrames controlables en un día etc.	1.0×10^{-3}
SERIO	Es aquella consecuencia que podría causar cualquier lesión o fatalidad seria en el sitio o fuera de él o bien daño a la propiedad de entre \$ 1 MM en sitio y de \$5 MM fuera de él. Fuga fuera de los límites sin daños adversos	1.0×10^{-4}
CATASTROFICO	Es aquella consecuencia que podría causar fatalidades en el sitio o fuera de él o bien daño a la propiedad de 5 veces mayor que el daño serio. Contaminación mayor al entorno ambiental.	1.0×10^{-6}

Los valores de frecuencia objetivo mostrados en la tabla 5.1-2 son fundamentales para el cálculo de SIL de los escenarios de Riesgo mediante el método de frecuencia objetivo.

5.2 Selección del Nivel de Integridad de Seguridad (NIS) Objetivo.

El propósito de seleccionar un (NIS) objetivo es especificar la reducción de riesgo requerida, es decir, la diferencia entre los niveles de riesgo existente y tolerable, en términos de (NIS).

El nivel de integridad de seguridad (NIS) debe ser determinado para cada función de seguridad y no debe determinarse de manera global para un proceso o instalación.

El cálculo del SIL de manera individual para cada escenario o FIS, permite el analizar y determinar de manera particular, los periodos óptimos de mantenimiento e inspección requeridos para cada uno de los equipos involucrados en los lazos de las funciones Instrumentadas de Seguridad. Estas Frecuencias de inspección y mantenimiento deberán tener un estricto seguimiento dentro de los programas de mantenimiento e inspección de los Sistemas Instrumentados de Seguridad del Centro de Trabajo. El proceso de asignación del SIL objetivo debe realizarse empleando el método de frecuencias objetivo empleando la siguiente ecuación:



$$obf_{PDF\ prom} = \frac{F_{Objetivo}}{F_{Evento}}$$

Dónde:

PDF prom= Probabilidad objetivo de falla en demanda promedio

F Objetivo: Frecuencia objetivo

F evento= Frecuencia del evento no mitigado.

La probabilidad de Falla en demanda objetivo promedio de la FIS en estudio, es definida a partir de dividir la frecuencia objetivo a alcanzar, entre la frecuencia del evento no mitigado, la cual a su vez es previamente determinada en el estudio cuantitativo de riesgo mediante el método de árbol de fallas y árbol de eventos

El factor de Reducción de Riesgo (RRF) es igual al inverso de la PFD objetivo promedio calculada, y es valor es el que deberá cumplir la configuración de lazo de control propuesto para la Función Instrumentada de Seguridad.

5.3 Especificación de los Requerimientos de Seguridad del SIS

Una vez determinado que se requiere de un Sistema Instrumentado de Seguridad y establecido un SIL para cada función de Seguridad, el grupo de trabajo especifica todos los requerimientos del SIS/SIF necesarios que deberá cumplir este Sistema, Con esta información se elabora el documento titulado “Especificación de Requerimientos de Seguridad del SIS (SRS)” el cual ya no forma el alcance de este documento.

Una vez llevado a cabo el análisis de capas de protección (LOPA) se seleccionaron los eventos de fuga y/o pérdida de contención que debido a que sus potenciales consecuencias, representan un riesgo al personal presente en la instalación y derivado de la identificación de las capas de protección para los distintos escenarios se integra una lista de funciones de instrumentación de seguridad, la cual nos muestra los niveles de SIL requerido (Meta) a fin de reducir el riesgo de cada escenario, dichas funciones deberán cumplir un Nivel de Integridad de Seguridad de aceptable.



Para el desarrollo y cálculo del Nivel de Integridad de Seguridad requerido (NIS o SIL “siglas en Inglés) para la Plataforma de producción San Pedro 1 (SP1), como se mencionó en el apartado anteriormente, el Marco Normativo del presente documento, son principalmente las normas IEC 61508, IEC 61511, IEC 61511-3 e ISA 84.00.01-2004.

Como se ha descrito anteriormente en el desarrollo de este documento el análisis LOPA requiere la integración de información correspondiente a 2 puntos principales dentro del ciclo de vida de seguridad (análisis e identificación de riesgos y evaluación de consecuencias) para lo cual en el presente apartado se muestra su desarrollo.

Asimismo y con el objeto de dar cumplimiento a los fundamentos de la metodología de Análisis capas de protección a continuación se muestran los puntos que se desarrollaron para el presente estudio:

- Descripción del evento.
- Nivel de Severidad o impacto.
- Frecuencia objetivo.
- Causa inicial.
- Frecuencia del evento por año.
- Niveles de protección (IPL's).
- Protecciones físicas.
- Protección Pasiva.
- Número de IPL's (Niveles de Protección Independientes).
- Frecuencia del evento mitigado sin FIS
- Factor de Reducción del Riesgo.
- NIS Requerido.

Dado que el LOPA típicamente evalúa escenarios que fueron desarrollados en un estudio previo de peligros y Operabilidad (HAZOP) o What if?, un primer paso consiste en revisar estos escenarios, dicha revisión se basa en las consecuencias de los escenarios; los escenarios candidatos de análisis son aquellos cuyo nivel de riesgo cae dentro de las



categorías de riesgo intolerable y riesgo indeseable o bien aquellos escenarios de pérdida de contención. Normalmente dichas consecuencias son no deseadas y su resultado son accidentes, asimismo se señala que la evaluación de los escenarios en este estudio se basó en referencia a aquellos catalogados como pérdidas económicas (a la producción o a la instalación por daños) o escenarios de pérdida de contención, para este último caso se consideró necesario el desarrollar las consecuencias de forma cuantitativa tomando como base que derivado de la valoración cualitativa desarrollada pudieran encontrarse por debajo del riesgo real de la instalación.

Los escenarios considerados para la determinación del NIS, son los relacionados con sistemas principales de proceso que representen riesgos latentes durante la operación de la Plataforma de Producción San Pedro 1. En la Tabla siguiente se enumeran los equipos para el análisis de los niveles de protección (LOPA).

5.4 Descripción del Evento.

El desarrollo de escenarios de riesgo es el paso mediante el cual se determinan una serie de eventos o sucesos, incluyendo los eventos iniciadores propios de la instalación y fallas de capas de protección independientes (IPL's), mismos que llevarán a una consecuencia no deseada.

Los escenarios de riesgo identificados se muestran en la Tabla 5.1-1, son los equipos y/o sistemas más críticos por su magnitud de riesgo, los cuales representan un mayor impacto en la seguridad de la instalación, ya sea por su alto nivel de frecuencia de ocurrencia o por las consecuencias del evento, para los cuales se identifica el principal evento iniciador.



Tabla 5.4-1 Descripción del evento

Escenario	Evento iniciador	Consecuencias
EI.01	Apertura de la válvula de estrangulamiento por falla mecánica a la llegada de pozos.	1. Sobrepresión en línea de producción, Manifold de producción (Separadores de prueba y separador de Totales), con fuga de hidrocarburos y posible formación de nube tóxica, incendio, explosión con daño al personal, medio ambiente y a las instalaciones.
EI.02	apertura del By-Pass de la PSV a la salida de los separadores MBF-201/203/203 por error humano	1. Venteo de gas amargo a la atmosfera con posible formación de nube tóxica con daño al personal y a la instalación.
EI.03	Paro de compresor CAS-401 por falla mecánica.	1. sobrepresión en el MBF-301 con fuga de gas y posible formación de nube tóxica, incendio y explosión con daño al personal medio ambiente y a la instalación.
EI.04	Cierre de válvula manual de 3" BF-30201 por error humano en la línea de salida de compresor CAS-401	1. Sobrepresión en línea de descarga de compresor con fuga en uniones bridadas con posible formación de nube tóxica, incendio y explosión con daño al personal medio ambiente y a la instalación
EI.05	Apertura de válvula de presión-vacío PVSV-60101 del tanque ABJ-601.	1. Venteo de Gas amargo con daño a tanque con posible formación de nube tóxica con daño al personal y a la instalación.
EI.06	Cierre de válvula manual de 3" por error humano en línea de inyección a pozos.	1. Sobrepresión en línea de inyección de gas de alta presión con posible fuga de gas y posible formación de nube tóxica, incendio o explosión, daño al personal, daño a instalación y al medio ambiente.
EI.07	Bloqueo o restricción de la válvula de estrangulamiento aguas arriba del manifold de inyección de gas.	1. Sobrepresión en línea de inyección de gas de alta presión aguas arriba del manifold de inyección de gas, con posible fuga de gas y posible formación de nube tóxica, incendio o explosión, daño al personal, daño a instalación y al medio ambiente

5.5 Nivel de Severidad.

Las consecuencias son los resultados indeseables de los escenarios de un determinado accidente. Una de las primeras decisiones que las compañías deben de determinar a la hora de elegir a los implementos LOPA es definir el punto final de las consecuencias.

Para el caso de este estudio se tomó como consideración el realizar las estimaciones cuantitativas con afectación al personal, este método es semejante a las estimaciones cualitativas, pero utiliza un análisis detallado para determinar los efectos de evento y sus efectos sobre los individuos y equipos.



Este método implica el uso de modelos matemáticos (modelo computarizado típicamente complejos) para simular la liberación en sí, la dispersión posterior, y el efecto tóxico, explosión o daños térmicos, las ventajas de este método corresponden a un mayor grado de certidumbre respecto las consecuencias previstas y su comparación directa con las directrices corporativas

Para los escenarios mostrados en la tabla anterior se llevó a cabo un análisis de consecuencias considerando los eventos de fuga sin incendio, fuga con incendio, fuga con explosión y el considerado más grave fuga de gas ácido, con el objeto de poder estimar la severidad de las consecuencias del evento final con la utilización del software matemático Phast versión 7.11

Tomando como referencia las características propias de la instalación así como factores tales como: sustancia manejada, condiciones de operación, fue necesario realizar un análisis del área de afectación (evaluación de consecuencias) para los diferentes tipos de escenarios probables y en base a los resultados obtenidos se realizó una comparación de lo descrito cualitativamente durante el análisis HAZOP y los resultados de la evaluación de consecuencias realizado a través del Phast, siendo en estos casos valorado, si existía la necesidad de incrementar lo jerarquizado originalmente o ubicarlos en la jerarquización inicial efectuada, lo anterior tomando en consideración que el factor principal para categorizar un evento de riesgo era las afectaciones o daño al personal.

Para determinar la matriz de severidad de los eventos y a fin de establecer la frecuencia objetivo respecto a la criticidad de los mismos se ha utilizado en este estudio como referencia a lo indicado por la IEC-61511-3 en la que se establecen los siguientes criterios para el nivel de severidad:



Tabla 5.5-1 Probabilidad de iniciación.

Nivel de severidad del evento.	Cualitativo.	Cuantitativo.
Baja (C3 catastrófico)	Un fallo o serie de fallos con una probabilidad muy baja de que se produzcan dentro del tiempo esperado de vida de la planta.	$F < 10^{-4}$ /año (*)
Media (C2 serio)	Un fallo o una serie de fallos con una probabilidad baja de que se produzcan dentro del tiempo de vida esperado de la planta	$10^{-2} < F < 10^{-2}$ /año
Alta (C1 menor)	Un fallo que cabe razonablemente esperar que se produzca dentro de un tiempo esperado de vida de la planta.	$10^{-2} < F$ /año

Tabla 5.5-2 Nivel de gravedad de los eventos de impacto.

Nivel de Severidad	Consecuencia	Consecuencia	Probabilidad de evento mitigado	Base
Menor (M)	Impacto inicialmente limitado al área local del evento con potencial de consecuencias más amplias si no se toman acciones correctoras.	Heridas o daños físicos que generan suspensión laboral Pérdidas de producción 0.250 mil (USD) Daños a la instalación 0.250 mil (USD)	1×10^{-2} a 1×10^{-3}	Criterios de riesgo descritos en el lineamiento para la determinación del nivel de riesgo tolerable en las instalaciones de proceso.
Grave (S)	El evento de impacto podría causar graves heridas o la muerte en el emplazamiento o fuera del emplazamiento.	Heridas o daños físicos que pueden resultar en hasta 3 fatalidades Pérdidas de producción 0.5 mil – 5 MM (USD) Daños a la instalación 15 MM – 50 MM (USD)	1×10^{-3} a 1×10^{-5}	Criterios de riesgo descritos en el lineamiento para la determinación del nivel de riesgo tolerable en las instalaciones de proceso.
Muy grave (E)	Un evento de impacto que es al menos cinco veces más grave que un evento grave.	Heridas o daños físicos que pueden resultar de 4 a 15 fatalidades Pérdidas de producción > 50 MM (USD) Daños a la instalación > 50 MM (USD)	1×10^{-5} a 1×10^{-6}	Criterios de riesgo descritos en el lineamiento para la determinación del nivel de riesgo tolerable en las instalaciones de proceso.

En la Tabla 5.5-1 y 5.5-2 se presentan los niveles de severidad de eventos de impactos y la frecuencia objetivo por año, los datos se obtuvieron de la IEC-61511-3 o la homologación realizada en base en las “Guías técnicas para realizar Análisis de Riesgos de Proceso” clave 800-16400-DCO-GT-75 Rev. 2 de petróleos Mexicanos, para lo cual se realiza la asignación de la severidad de las consecuencias conforme a los valores



ponderados durante la etapa de realización del Análisis HazOP realizado para este documento para la “Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)”.

Catastrófico (muy grave): Se clasificarán aquellos escenarios que derivado de la severidad de las consecuencias (catastróficas) se espera que ocurran de manera remota, es decir se espera que estos eventos sean esencialmente imposibles durante la vida de la instalación aun cuando su ocurrencia sea de niveles graves con una o más fatalidades o lesionados graves con daños irreversibles. Con el objeto de establecer un valor más conservador este documento enfocará estos escenarios con frecuencia objetivo de 10-6.

Serio (grave): Se clasificarán aquellos escenarios que derivado de la severidad de las consecuencias (grave) se espera que ocurran de manera esporádica, es decir estos eventos sean concebibles y solo se requiera de hospitalización e incapacidad parcial o total temporal con efectos moderados a la salud. De igual manera para este tipo de eventos se deberá considerar un valor entre 10-2 y 10-3 y con el objeto de establecer un valor más conservador este documento enfocará estos escenarios con frecuencia objetivo de 10-4.

Moderado (menor): Se clasificarán aquellos escenarios que derivado de la severidad de las consecuencias (menor o moderado) se espera que ocurran al menos una vez en la vida de las instalaciones y sus consecuencias sean únicamente primeros auxilios sin lesiones graves. Con el objeto de establecer un valor más conservador este documento enfocará estos escenarios con frecuencia objetivo de 10-3.

Como se mencionó en el capítulo IV (Análisis de consecuencias), una vez desarrollado la evaluación de consecuencias, los resultados por incendio y explosión descritos en los diagramas de pétalos así como los resultados arrojados por el software Phast 7.1, lo antes señalado se realizó en función de los posibles daños que pueda presentarse al personal tal y como lo señala el Layer of protection analysis (LOPA) Aiche, CCPS en su página 36 de Estimación cuantitativa de consecuencias y severidad.



Se puede observar que una vez identificando el evento y partiendo de los eventos iniciadores se puede mostrar el nivel de consecuencia asignado durante la jerarquización cualitativa (HAZOP) y en comparación, la columna 6 de esta misma tabla se indica la afirmación de dicha jerarquización una vez comparando las consecuencias conforme a lo establecido por el software Phast 7.11.

Tabla 5.5-3 Escenario identificado y nivel de consecuencia

Escenario	Evento iniciador	Descripción de Consecuencias	Nivel de Consecuencia asignada en Hazop	Nivel de Consecuencia modificada	Nivel de Impacto del evento
EI.01	Apertura de la válvula de estrangulamiento por falla mecánica a la llegada de pozos.	Sobrepresión en línea de producción, Manifold de producción (Separadores de prueba y separador de Totales), con fuga de hidrocarburos y posible formación de nube tóxica, incendio, explosión con daño al personal, medio ambiente y a las instalaciones.	C Riesgo Aceptable con Controles	Catastrófico	Muy Grave
EI.02	Apertura del By-Pass de la PSV a la salida de los separadores MBF-201/203/203 por error humano	Venteo de gas amargo a la atmosfera con posible formación de nube tóxica con daño al personal y a la instalación.	C Riesgo Aceptable con Controles	Catastrófico	Muy Grave
EI.03	Paro de compresor CAS-401 por falla mecánica.	Sobrepresión en el MBF-301 con fuga de gas y posible formación de nube tóxica, incendio y explosión con daño al personal medio ambiente y a la instalación.	C Riesgo Aceptable con Controles	Catastrófico	Muy Grave
EI.04	Cierre de válvula manual de 3" BF-30201 por error humano en la línea de salida de compresor CAS-401	Sobrepresión en línea de descarga de compresor con fuga en uniones bridadas con posible formación de nube tóxica, incendio y explosión con daño al personal medio ambiente y a la instalación	C Riesgo Aceptable con Controles	Catastrófico	Muy Grave
EI.05	Apertura de válvula de presión-vacío PVSV-60101 del tanque ABJ-601.	Venteo de Gas amargo con daño a tanque con posible formación de nube tóxica con daño al personal y a la instalación.	C Riesgo Aceptable con Controles	Menor	Moderado
EI.06	Cierre de válvula manual de 3" por error humano en línea de inyección a pozos.	Sobrepresión en línea de inyección de gas de alta presión con posible fuga de gas y posible formación de nube tóxica, incendio o explosión, daño al personal, daño a instalación y al medio ambiente.	C Riesgo Aceptable con Controles	Catastrófico	Muy Grave
EI.07	Bloqueo o restricción de la válvula de estrangulamiento aguas arriba del manifold de inyección de gas.	Sobrepresión en línea de inyección de gas de alta presión aguas arriba del manifold de inyección de gas, con posible fuga de gas y posible formación de nube tóxica, incendio o explosión, daño al personal, daño a instalación y al medio ambiente	C Riesgo Aceptable con Controles	Catastrófico	Muy Grave



El criterio utilizado para la definición del nivel de impacto para cada uno de los eventos se fundamenta en los resultados obtenidos de la Evaluación de consecuencias para cada uno de ellos, en el caso de aquellos escenarios en los cuales como se determinó el daño a los equipos/instalaciones y/o producción la valoración del nivel de impacto señalada fue de manera cualitativa.

5.6 Frecuencia Objetivo (Criterio de Tolerancia al Riesgo)

En los análisis LOPA cada uno de los escenarios tiene un solo evento iniciador y su frecuencia se expresa normalmente en eventos por año. Existen tres tipos de eventos iniciadores: Eventos externos, Fallas de equipos, Fallas humanas.

El proceso de asignación del NIS objetivo debe realizarse empleando el método de frecuencias objetivo o frecuencia meta. Este procedimiento se basa en la selección de la frecuencia objetivo o frecuencia meta en función de la severidad de las consecuencias obtenidas del análisis de riesgo cuantitativo.

En función de la severidad de las consecuencias en el desarrollo del HAZOP y una vez realizada la comparación tomando como referencia la evaluación de consecuencias a través del modelo matemático de simulación Phast, se han seleccionado mediante lo descrito anteriormente, las frecuencias objetivo para cada uno de los escenarios identificados en la tabla 5.3-1.

Tabla 5.6-1 Escenario identificado y nivel de consecuencia

Escenario	Evento iniciador	Descripción de Consecuencias	Nivel de Impacto del evento	Frecuencia Objetivo
EI.01	Apertura de la válvula de estrangulamiento por falla mecánica a la llegada de pozos.	Sobrepresión en línea de producción, Manifold de producción (Separadores de prueba y separador de Totales), con fuga de hidrocarburos y posible formación de nube tóxica, incendio, explosión con daño al personal, medio ambiente y a las instalaciones.	Muy Grave	1×10^{-6}



Tabla 5.6-1 Escenario identificado y nivel de consecuencia

Escenario	Evento iniciador	Descripción de Consecuencias	Nivel de Impacto del evento	Frecuencia Objetivo
EI.02	apertura del By-Pass de la PSV a la salida de los separadores MBF-201/203/203 por error humano	Venteo de gas amargo a la atmosfera con posible formación de nube tóxica con daño al personal y a la instalación.	Muy Grave	1×10^{-6}
EI.03	Paro de compresor CAS-401 por falla mecánica.	Sobrepresión en el MBF-301 con fuga de gas y posible formación de nube tóxica, incendio y explosión con daño al personal medio ambiente y a la instalación.	Muy Grave	1×10^{-6}
EI.04	Cierre de válvula manual de 3" BF-30201 por error humano en la línea de salida de compresor CAS-401	Sobrepresión en línea de descarga de compresor con fuga en uniones bridadas con posible formación de nube tóxica, incendio y explosión con daño al personal medio ambiente y a la instalación	Muy Grave	1×10^{-6}
EI.05	Apertura de válvula de presión-vacío PVSV-60101 del tanque ABJ-601.	Venteo de Gas amargo con daño a tanque con posible formación de nube tóxica con daño al personal y a la instalación.	Tolerable	1×10^{-3}
EI.06	Cierre de válvula manual de 3" por error humano en línea de inyección a pozos.	Sobrepresión en línea de inyección de gas de alta presión con posible fuga de gas y posible formación de nube tóxica, incendio o explosión, daño al personal, daño a instalación y al medio ambiente.	Muy Grave	1×10^{-6}
EI.07	Bloqueo o restricción de la válvula de estrangulamiento aguas arriba del manifold de inyección de gas.	Sobrepresión en línea de inyección de gas de alta presión aguas arriba del manifold de inyección de gas, con posible fuga de gas y posible formación de nube tóxica, incendio o explosión, daño al personal, daño a instalación y al medio ambiente	Muy Grave	1×10^{-6}

5.6.1 Causa Inicial (Evento iniciador).

Para cada evento de impacto, se enlistarán todas las causas iniciales. Nótese que una causa del HAZOP podría ser enlistada en varias desviaciones del HAZOP. Es importante reunir todas las causas y realizar los cálculos restantes para cada causa de inicio por cada evento de impacto.

Como se ha visto anteriormente de acuerdo al análisis HAZOP realizado para la instalación en estudio de este documento, se determinaron las causas para cada uno de los escenarios de riesgo que se analizarán en la aplicación de la metodología LOPA.



5.6.2 Frecuencia del evento por año

Para obtener el valor de la frecuencia del evento iniciador, se tomaron aquellos escenarios resultantes de la jerarquización de riesgos que presentan afectaciones importantes dentro del estudio de consecuencias, siendo así, se analizaron las causas iniciadoras y sus capas independientes de protección (si existen), una vez identificadas se tomaron los valores de frecuencias de falla en demanda típicas conforme a la bibliografía utilizada como lo fueron (datos de fiabilidad de componentes o de las causas, OREDA 2002, Offshore Reliability Data, 4th Edition, SINTEF, Bases de datos de EXIDA, etc). Para determinación la frecuencia de falla del evento iniciador en el caso que aplique se tomó como referencia la tasa de fallos obtenidos en 10^{-6} hr.

5.7 Niveles de Protección Independientes y Probabilidad de Falla Sobre Demanda.

Un Nivel de Protección Independiente (IPL) o Capa de Protección Independiente (CPI) es un dispositivo, sistema o acción que tiene la capacidad de prevenir que un escenario avance hasta tener una consecuencia no deseada, independiente del evento iniciante o de la acción de alguna otra capa de protección asociada con el escenario.

La diferencia entre un IPL y una salvaguarda es importante. Una salvaguarda es cualquier dispositivo, sistema o acción que probablemente interrumpirá la cadena de eventos que suceden después de un evento iniciante. Sin embargo, la efectividad de algunas salvaguardas no puede ser cuantificada debido a la carencia de información o datos, incertidumbre en cuanto a su independencia o efectividad o algunos otros factores.

La efectividad de una IPL es cuantificada en términos de su Probabilidad de Falla en Demanda (PFD), y se define como la probabilidad de que un sistema (en este caso la CIP) pueda fallar en desempeñar su función específica bajo condiciones de demanda. La PFD es un número adimensional entre 0 y 1, ya que es una probabilidad. Mientras más pequeño sea el valor de la PFD, mayor será la reducción de la frecuencia de ocurrencia de la consecuencia, para una frecuencia de un evento iniciante dado. La “reducción en la



frecuencia” que se logra con el IPL es algunas veces conocida con el término de “factor de reducción de riesgo”.

Los IPLs (Niveles de Protección Independientes), y sus PFD (Probabilidad de Falla en Demanda), se escriben en la sección Capas Independientes de Protección de la hoja de trabajo LOPA. Para el Análisis de los Niveles de Protección Independientes con que cuenta la instalación, se realizó una revisión de los Diagramas de Tubería e Instrumentación de la Plataforma San Pedro 1 (SP1), así como la descripción lógica operacional.

Se enlistarán los Niveles de Protección Independientes que puedan prevenir la causa de inicio desde el alcance del impacto del evento. Los Niveles de Protección Independientes podrían ser diferentes para diferentes causas de inicio.

Se determinará qué niveles de protección son independientes.

Se asignará un valor de PFD (Probabilidad de Falla en Demanda) a cada capa de protección independiente (IPL), en la Tabla 5.4-1 se muestran valores típicos utilizados.

Tabla 5.7-1 Probabilidades de Falla en Demanda Típicas para IPL's.

IPL	Probabilidad de Falla en Demanda PFD
Falla de lazo de control (BPCS).	1×10^{-1}
Falla de válvula de alivio.	1×10^{-2}
Disco de ruptura	1×10^{-2}
Error humano (entrenado, sin estrés).	1×10^{-1}

Referencia: Layer of protection Analysis: A New PHA Tool After HAZOP, Before Fault Tree Analysis.

Reglas para los IPL's (Niveles de Protección Independientes)

Para ser considerado un IPL, un dispositivo, sistema o acción debe ser:

- Efectivo en prevenir la consecuencia asignada a su función.
- Independiente de otros niveles de protección. Esto es, no debe haber fallas que puedan desactivar dos o más niveles de protección.



- Auditado para demostrar que satisface los requerimientos de mitigación del riesgo de un LOPA IPL.

La reducción de frecuencia para un IPL (Nivel de Protección Independiente), es de dos órdenes de magnitud, ejemplo 10⁻² PFD (Probabilidad de Falla en Demanda), es decir, la disponibilidad es de 99%.

Si se cree que un IPL (Nivel de Protección Independiente) es más fiable (valor más bajo para una PFD Probabilidad de Falla en Demanda), se debe utilizar un método cuantitativo para confirmar la PFD; por ejemplo, si se desea improvisar la no disponibilidad de una reducción de riesgo lógica en el BPCS (Sistema Básico de Control de Proceso), por una suma adicional de sensores o elementos finales, el evento de impacto deberá ser revisado por un método cuantitativo, a pesar del árbol de falla.

- El IPL (Nivel de Protección Independiente) es diseñado específicamente para prevenir o mitigar las consecuencias de un potencial evento de riesgo.
- El IPL (Nivel de Protección Independiente) debe ser confiable.
- El IPL (Nivel de Protección Independiente) será diseñado, pero el sistema será auditado y aprobado.
- Si el evento inicial es causado por una falla en el sistema básico de control de proceso BPCS, éste no se contará como un IPL (Nivel de Protección Independiente).
- Las alarmas asociadas que son consideradas en el BPCS no son independientes del BPCS, si éste es considerado como un IPL (Nivel de Protección Independiente), entonces las alarmas no podrán considerarse como un IPL.
- Un lazo de control (lazo PID) en el BPCS el cual en acción normal debería compensar un evento inicial, puede ser considerado como un IPL (Nivel de Protección Independiente).



BPCS o SDMC (Basic Process Control System).

El Sistema de Control Básico de Proceso, incluyendo controles manuales, es el primer nivel de protección durante la condición de operación normal. El BCPS está diseñado para controlar el proceso en una región de operación segura. La condición de operación normal de un lazo de control del BCPS puede ser considerada como un IPL.

La falla del BCPS puede ser un evento iniciante. Cuando se considere el BCPS como una IPL, el analista debe evaluar la efectividad del control de proceso y sistemas de seguridad, como el error humano que puede disminuir el desempeño del BCPS.

El BCPS debe prever tres diferentes tipos de funciones de seguridad que pueden ser IPL:

- Acción continua de control, el cual mantiene el proceso en un estado normal de operación, previniendo la progresión de un escenario anormal seguida de la iniciación de un evento.
- Controles lógicos o alarmas las cuales identifican parámetros del proceso que se encuentran fuera de lo normal esperando que llegue esta información al operador quien tomará medidas correctivas de acuerdo al entrenamiento y procedimientos operativos de emergencia.
- Controladores lógicos y transmisores los cuales son instalados para tomar acciones automáticas en el proceso en lugar de intentar retornar al proceso a su operación normal. Esta acción puede resultar en un apagado situando al proceso en un estado seguro.

EL BCPS es un IPL relativamente débil, debido a que usualmente tiene:

- Poca redundancia en los componentes.
- Limitada capacidad de prueba integrada.
- Seguridad limitada de encontrarse con los cambios autorizados para la programación lógica interna.



Alarmas y Acción Humana (Alarmas y procedimientos).

Estos sistemas son considerados como el segundo nivel de protección durante la condición de operación normal y deben ser activados por el BCPS. La acción del operador, originada por las alarmas o por observación, puede ser considerada como un IPL. Los procedimientos de la compañía y la capacitación pueden mejorar el desempeño de los humanos en el sistema, pero los procedimientos por sí mismos no son un IPL.

Protección mecánica “Protección física” (Válvulas de relevo).

En descargas dirigidas a la atmósfera se puede tener eventos adicionales de riesgo como pueden ser formación de nubes tóxicas, inflamables y/o explosivas.

Las válvulas de relevo de presión se consideran IPL durante una condición anormal de la operación del proceso, cuando su descarga se encuentra dirigida de manera segura a la atmósfera o un sistema de mitigación seguro, minimizando así los efectos por sobrepresión en un equipo o circuito de tuberías.

Las PSV instaladas en los equipos sujetos a presión se acreditan como IPL ya que actúan por sobrepresión, por lo tanto a descarga bloqueada tendrán la capacidad de aliviar la alta presión en el sistema.

Frecuencia del evento no mitigado sin FIS.

Se calculará la frecuencia del evento no mitigado multiplicando la Frecuencia del evento iniciador por las PFD's de los IPL's, e incluir el valor numérico en la fila de la tabla de LOPA. La Frecuencia de eventos intermedios es comparada con la Frecuencia objetivo del evento. Para el cálculo de la frecuencia del evento no mitigado, se considerarán únicamente los datos de las IPL's acreditadas, de las tablas del análisis LOPA.

Si la Frecuencia de mitigación de los eventos es menor que la Frecuencia de mitigación de eventos objetivos, los criterios de riesgo ejecutivos en conjunto con los IPL's (Niveles de Protección Independientes), podrían no ser requeridos. Sin embargo, las reducciones de riesgos adicionales deberán ser deseados.



Si la Frecuencia de mitigación de eventos es mayor que la Frecuencia de mitigación de los eventos objetivos, entonces podría ser necesario una reducción de riesgo adicional. Se deberá buscar la reducción del riesgo, aplicando inherentemente conceptos de seguridad así como aplicación adicional de niveles de protección. La tabla del LOPA deberá ser actualizada con los cambios realizados en su diseño.

Criterios de riesgo.

El riesgo total para los eventos de impacto, deberá ser comparado con los criterios de riesgo.

Si el riesgo total no concuerda con los criterios, entonces se deberá buscar reducir el riesgo, primero aplicando conceptos inherentes de seguridad, y aplicando niveles adicionales de protección. Con los cambios de diseño se requerirá de la actualización de la tabla LOPA.

Si el riesgo total es substancialmente menor que los criterios establecidos, entonces no se requiere de una reducción adicional de riesgo.

El objetivo es asegurar que el riesgo total de la instalación reúna los criterios de riesgo. Se deberá considerar que los empleados y la comunidad podrían tener riesgos en cualquier otra parte de la unidad. Este riesgo adicional debería estar cotejado con el criterio de riesgo.

En el desarrollo de las tablas LOPA para la instalación “Plataforma de producción San Pedro 1 SP1” bajo las siguientes consideraciones:

- Pérdidas económicas por paro de planta.
- Pérdidas económicas por daño a la instalación o
- Pérdidas de contención con incendio.
- Pérdida de contención con explosión.



Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)



Tabla 5.7-2 E. 01 LOPA

No. Escenario	E.01	Parámetro de proceso:	Más presión	Nodo Hazop Referencia:	1.2.1		Frecuencia Identificada:	3					
Equipo:	MBD-201/202/203	Personal	2	Ambiente	1	Producción	2	Instalación	1	Población	1	Terceros	1
Descripción del Escenario				DTI				Interlock Analizado					
Fuga por sobrepresión				PEO1010-F-PI-004 Rev. 0				N/A					
Datos	Descripción								Probabilidad	Frecuencia /año.			
Consecuencia	Sobrepresión en línea de producción, Manifold de producción (Separadores de prueba y separador de Totales), con fuga de hidrocarburos y posible formación de nube tóxica, incendio, explosión con daño al personal, medio ambiente y a las instalaciones												
Descripción/Categoría													
Criterio de Tolerancia al Riesgo (categoría de frecuencia)	Muy grave									1.00E-06			
	Tolerable									1.00E-03			
Evento iniciador (Frecuencia típica)	Apertura de la válvula de estrangulamiento por falla mecánica a la llegada de pozos Oreda 2002 Offshore Reliability Data 4th Edition. All modes, pag. 599									3.15E-03			
Evento/Activación o Condición:									N/A				
Modificadores condicionales (si aplica)	Probabilidad de ignición								N/A				
	Probabilidad de personal en el área afectada								N/A				
	Probabilidad de muerte fatal								N/A				
	Otros								N/A				
Frecuencia de Consecuencia No Mitigada										3.15E-03			
Capas Independientes de protección													
Diseño	N/A								N/A				
SBCP	N/A								N/A				
Alarmas y Acción Humana	Se da crédito a la recomendación No. 1 del análisis HazOp de Implementar un PIT en bajante de producción configurado a un SDMC con alarma por alta presión, de esta manera tomamos la PDF de dicha IPL Oreda 2002 Offshore Reliability Data 4th Edition. pag. 553								4.64E-02				
SIF	N/A								N/A				
Protección mecánicas	PSV en separadores MBD-201/202/203 (Se considera la Pdf de las 3 PSV) Oreda 2002 Offshore Reliability Data 4th Edition. pag. 641								1.14E-03				
Salvaguardas No IPL's													
PDF total de todas las IPL's									5.29E-05				
Frecuencia del evento no mitigado sin FIS (ocasiones/año)										1.67E-07			
Probabilidad de falla en la demanda promedio										6.00E+00			
Factor de reducción del riesgo										1.67E-01			
Acciones requeridas para cumplir con los criterios de tolerancia al riesgo	No se requiere una Función Instrumentada de Seguridad adicional a las capas independientes de protección identificadas para este escenario.												
Notas													
FIS	N/A								SIL Requerido	No SIL			



Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)



Tabla 5.7-3 E. 02 LOPA

No. Escenario	E.02	Parámetro de proceso:	Más presión	Nodo Hazop Referencia:	1.2.3		Frecuencia Identificada:	3
Equipo:	MBD-201/202/203		Personal	Ambiente	Producción	Instalación	Población	Terceros
			1	3	1	1	1	1
Descripción del Escenario				DTI		Interlock Analizado		
Fuga de gas por Apertura de By-Pass				PEO1010-F-PI-004 Rev. 0		N/A		
Datos	Descripción						Probabilidad	Frecuencia /año.
Consecuencia	Venteo de gas a la atmosfera con posible formación de nube tóxica con daño al personal y a la instalación							
Descripción/Categoría								
Criterio de Tolerancia al Riesgo (categoría de frecuencia)	Muy grave Tolerable							1.00E-06 1.00E-03
Evento iniciador (Frecuencia típica)	Apertura del By-Pass de la PSV a la salida de los separadores MBF-201/203/203 por error humano Layer of Protection Analysis (5.3 Frequency Estimation, Table 5.1 Typical Frequency Values, ft, Assigned to Initiating Events, page 71)							1.00E-02
Evento/Activación o Condición:								
Modificadores condicionales (si aplica)	Probabilidad de ignición						N/A	
	Probabilidad de personal en el área afectada						N/A	
	Probabilidad de muerte fatal						N/A	
	Otros						N/A	
Frecuencia de Consecuencia No Mitigada								1.00E-02
Capas Independientes de protección								
Diseño	Se da crédito a la recomendación No. 12 del análisis HazOp de Implementar un sistema de candados para el By-Pass con rotulación legible indicando normalmente Cerrada Ref. Pag.14.45, Human failures,Tabla 14-A-2. Operator error estimates Kletz, Red book, CPR 12E, Methods for determining and processing probabilities						1.00E-02	
SBCP	N/A						N/A	
Alarmas y Acción Humana	Se da crédito a la recomendación No. 2 del análisis HazOp de Implementar un PIT en separadores de prueba y totales configurado a un SDMC con alarmas por alta y baja presión Oreda 2002 Offshore Reliability Data 4th Edition. pag. 553						4.64E-02	
SIF	N/A						N/A	
Protección mecánicas	N/A						N/A	
FS (protección intrínseca del paquete)	N/A						N/A	
Salvaguardas No IPL's	N/A							
PDF total de todas las IPL's							4.64E-04	
Frecuencia del evento no mitigado sin FIS (ocasiones/año)								4.64E-06
Probabilidad de falla en la demanda promedio								2.16E-01
Factor de reducción del riesgo								4.64E+00
Acciones requeridas para cumplir con los criterios de tolerancia al riesgo	No se requiere una Función Instrumentada de Seguridad adicional a las capas independientes de protección identificadas para este escenario.							
Notas								
FIS	N/A						SIL Requerido	NO SIL



Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)



Tabla 5.7-4 E. 03 LOPA

No. Escenario	E.3	Parámetro de proceso:	Más Presión.	Nodo Hazop Referencia:	2.1.3		Frecuencia Identificada:	3
Equipo:	MBF-301	Personal	Ambiente	Producción	Instalación	Población	Terceros	
		1	1	2	1	1	1	
Descripción del Escenario				DTI		Interlock Analizado		
Fuga por sobrepresión				PEO1010-F-PI-005		N/A		
Datos	Descripción					Probabilidad	Frecuencia /año.	
Consecuencia	Sobrepresión en el MBF-301 con fuga de gas y posible formación de nube tóxica, incendio y explosión con daño al personal medio ambiente y a la instalación							
Descripción/Categoría								
Criterio de Tolerancia al Riesgo (categoría de frecuencia)	Muy grave						1.00E-06	
	Tolerable						1.00E-03	
Evento iniciador (Frecuencia típica)	Paro de compresor CAS-401 por falla mecánica Oreda 2002 Offshore Reliability Data 4th Edition. pag. 67						2.05E-01	
Evento/Activación o Condición:								
Modificadores condicionales (si aplica)	Probabilidad de ignición					N/A		
	Probabilidad de personal en el área afectada					N/A		
	Probabilidad de muerte fatal					N/A		
	Otros					N/A		
Frecuencia de Consecuencia No Mitigada							2.05E-01	
Capas Independientes de protección								
Diseño						N/A		
SBCP	Se da crédito a la recomendación No. 7 del análisis HazOp de Implementar un PIT en separador MBF-301 configurado a un SDMC con alarmas por alta y baja presión Oreda 2002 Offshore Reliability Data 4th Edition. pag. 553					4.64E-02		
Alarmas y Acción Humana	N/A					N/A		
SIF	N/A					N/A		
Protección mecánicas	PCV 30110 en línea de 6-VC-SP-30103-CB20-8 Oreda 2002 Offshore Reliability Data 4th Edition. pag.732					1.58E-03		
	PSV-30102 Oreda 2002 Offshore Reliability Data 4th Edition. pag. 641					1.00E-01		
FS (protección intrínseca del paquete)	N/A					N/A		
Salvaguardas No IPL's	N/A							
PDF total de todas las IPL's						7.32E-06		
Frecuencia del evento no mitigado sin FIS (ocasiones/año)							1.50E-06	
Probabilidad de falla en la demanda promedio							6.67E-01	
Factor de reducción del riesgo							1.50E+00	
Acciones requeridas para cumplir con los criterios de tolerancia al riesgo	No se requiere una Función Instrumentada de Seguridad adicional a las capas independientes de protección identificadas para este escenario.							
Notas								
FIS	N/A				SIL Requerido		NO SIL	



Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)



Tabla 5.7-5 E. 04 LOPA

No. Escenario	E.4	Parámetro de proceso:	Más Presión.	Nodo Hazop Referencia:	3.1.1		Frecuencia Identificada:	2
Equipo:	CAS-401	Personal	Ambiente	Producción	Instalación	Población	Terceros	
		2	2	2	2	1	1	
Descripción del Escenario				DTI		Interlock Analizado		
Fuga por sobrepresión				PEO1010-F-PI-005		N/A		
Datos	Descripción					Probabilidad	Frecuencia /año.	
Consecuencia	Sobrepresión en línea de descarga de compresor con fuga en uniones bridadas con posible formación de nube tóxica, incendio y explosión con daño al personal medio ambiente y a la instalación							
Descripción/Categoría								
Criterio de Tolerancia al Riesgo (categoría de frecuencia)	Muy grave						1.00E-06	
	Tolerable						1.00E-03	
Evento iniciador (Frecuencia típica)	Cierre de válvula manual de 3" BF-30201 por error humano Layer of Protection Analysis (5.3 Frequency Estimation, Table 5.1 Typical Frequency Values, ft, Assigned to Initiating Events, page 71)						1.00E-02	
Evento/Activación o Condición:						N/A		
Modificadores condicionales (si aplica)	Probabilidad de ignición					N/A		
	Probabilidad de personal en el área afectada					N/A		
	Probabilidad de muerte fatal					N/A		
	Otros					N/A		
Frecuencia de Consecuencia No Mitigada							1.00E-02	
Capas Independientes de protección								
Diseño	N/A					N/A		
SBCP	N/A					N/A		
Alarmas y Acción Humana	N/A					N/A		
SIF	N/A					N/A		
Protección mecánicas	PAH Alarma por alta presión de compresor CAS-401 Oreda 2002 Offshore Reliability Data 4th Edition. pag. 553					4.64E-02		
FS (protección intrínseca del paquete)	N/A					N/A		
Salvaguardas No IPL's	N/A							
PDF total de todas las IPL's						4.64E-02		
Frecuencia del evento no mitigado sin FIS (ocasiones/año)							4.64E-04	
Probabilidad de falla en la demanda promedio							2.16E-03	
Factor de reducción del riesgo							4.64E+02	
Acciones requeridas para cumplir con los criterios de tolerancia al riesgo	Se requiere una Función Instrumentada de Seguridad con un SIL 2 con acción de paro del compresor a través de un PIT configurado al SIS o ESD.							
Notas								
FIS	N/A					SIL Requerido		SIL 2



Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)



Tabla 5.7-6 E. 05 LOPA

No. Escenario	E.5	Parámetro de proceso:	Más presión	Nodo Hazop Referencia:	4.2.2		Frecuencia Identificada:	3
Equipo:	ABJ-601	Personal	Ambiente	Producción	Instalación	Población	Terceros	
		2	2	2	1	1	1	
Descripción del Escenario				DTI		Interlock Analizado		
Fuga por sobrepresión				PEO1010-F-PI-007		N/A		
Datos	Descripción					Probabilidad	Frecuencia /año.	
Consecuencia	Venteo de gas a la atmósfera y daño a tanque con posible formación de nube tóxica con daño al personal y a la instalación							
Descripción/Categoría								
Criterio de Tolerancia al Riesgo (categoría de frecuencia)	Muy grave						1.00E-06	
	Tolerable						1.00E-03	
Evento iniciador (Frecuencia típica)	Apertura de válvula de presión-vacío PVSV-60101 Oreda 2002 Offshore Reliability Data 4th Edition. pag. 658						6.90E-02	
Evento/Activación o Condición:								
Modificadores condicionales (si aplica)	Probabilidad de ignición					N/A		
	Probabilidad de personal en el área afectada					N/A		
	Probabilidad de muerte fatal					N/A		
	Otros					N/A		
Frecuencia de Consecuencia No Mitigada							6.90E-02	
Capas Independientes de protección								
Diseño	N/A					N/A		
SBCP	N/A					N/A		
Alarmas y Acción Humana	N/A					N/A		
SIF	N/A					N/A		
Protección mecánicas	N/A					N/A		
FS (protección intrínseca del paquete)	N/A					N/A		
Salvaguardas No IPL's	N/A							
PDF total de todas las IPL's						6.90E-02		
Frecuencia del evento no mitigado sin FIS (ocasiones/año)							4.76E-03	
Probabilidad de falla en la demanda promedio							2.10E-01	
Factor de reducción del riesgo							4.76E+00	
Acciones requeridas para cumplir con los criterios de tolerancia al riesgo	No se requiere una Función Instrumentada de Seguridad adicional a las capas independientes de protección identificadas para este escenario.							
Notas								
FIS	N/A					SIL Requerido		No SIL



Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)



Tabla 5.7-7 E. 06 LOPA

No. Escenario	E.6	Parámetro de proceso:	Más Presión	Nodo Hazop Referencia:	5.1.1		Frecuencia Identificada:	2					
Equipo:	Línea de inyección de gas de alta presión	Personal	3	Ambiente	3	Producción	2	Instalación	3	Población	2	Terceros	2
Descripción del Escenario				PDF				Interlock Analizado					
Fuga por sobrepresión				E-6555				N/A					
Datos	Descripción								Probabilidad	Frecuencia /año.			
Consecuencia	Sobrepresión en línea de inyección de gas de alta presión con posible fuga de gas y posible formación de nube tóxica, incendio o explosión, daño al personal, daño a instalación y al medio ambiente												
Descripción/Categoría													
Criterio de Tolerancia al Riesgo (categoría de frecuencia)	Muy grave									1.00E-06			
	Tolerable									1.00E-03			
Evento iniciador (Frecuencia típica)	Cierre de válvula manual de 3" por error humano en línea de inyección a pozos Layer of Protection Analysis (5.3 Frequency Estimation, Table 5.1 Typical Frequency Values, ft, Assigned to Initiating Events, page 71)									1.00E-02			
Evento/Activación o Condición:													
Modificadores condicionales (si aplica)	Probabilidad de ignición								N/A				
	Probabilidad de personal en el área afectada								N/A				
	Probabilidad de muerte fatal								N/A				
	Otros								N/A				
Frecuencia de Consecuencia No Mitigada									1.00E-02				
Capas Independientes de protección													
Diseño	N/A								N/A				
SBCP	N/A								N/A				
Alarmas y Acción Humana	Se da crédito a la recomendación No. 11 del análisis HazOp de Implementar un PIT en línea de alimentación de gas hacia pozos SPI-POZO 1SXT y SPI-POZO 10 DST configurado al SDMC con alarma por alta presión Oreda 2002 Offshore Reliability Data 4th Edition. pag. 553								4.64E-02				
SIF	N/A								N/A				
Protección mecánicas	N/A								N/A				
FS (protección intrínseca del paquete)	N/A								N/A				
Salvaguardas No IPL's	N/A												
PDF total de todas las IPL's								4.64E-02					
Frecuencia del evento no mitigado sin FIS (ocasiones/año)									4.64E-04				
Probabilidad de falla en la demanda promedio									2.16E-03				
Factor de reducción del riesgo									4.64E+02				
Acciones requeridas para cumplir con los criterios de tolerancia al riesgo	Se requiere una Función Instrumentada de Seguridad con un SIL 2 con acción de cierre de válvula de corte a través de un PIT configurado al SIS. (Línea de llegada de gas de alta presión)												
Notas													
FIS	N/A					SIL Requerido			SIL 2				



Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)



Tabla 5.7-8 E. 07 LOPA

No. Escenario	E.7	Parámetro de proceso:	Más presión	Nodo Hazop Referencia:	5.1.2		Frecuencia Identificada:	2
Equipo:	Línea de inyección de gas de alta presión		Personal 3	Ambiente 3	Producción 2	Instalación 3	Población 2	Terceros 2
Descripción del Escenario				PDF		Interlock Analizado		
Fuga por sobrepresión				E-6555		N/A		
Datos	Descripción						Probabilidad	Frecuencia /año.
Consecuencia	Sobrepresión en línea de inyección de gas de alta presión aguas arriba del manifold de inyección de gas, con posible fuga de gas y posible formación de nube tóxica, incendio o explosión, daño al personal, daño a instalación y al medio ambiente							
Descripción/Categoría								
Criterio de Tolerancia al Riesgo (categoría de frecuencia)	Muy grave							1.00E-06
	Tolerable							1.00E-03
Evento iniciador (Frecuencia típica)	Bloqueo o restricción de la válvula de estrangulamiento Oreda 2002 Offshore Reliability Data 4th Edition. All modes, pag. 599							3.15E-03
Evento/Activación o Condición:								
Modificadores condicionales (si aplica)	Probabilidad de ignición						N/A	
	Probabilidad de personal en el área afectada						N/A	
	Probabilidad de muerte fatal						N/A	
	Otros						N/A	
Frecuencia de Consecuencia No Mitigada								3.15E-03
Capas Independientes de protección								
Diseño	N/A						N/A	
SBCP	N/A						N/A	
Alarmas y Acción Humana	Se da crédito a la recomendación No. 11 del análisis HazOp de Implementar un PIT en línea de alimentación de gas hacia pozos SPI-POZO 1SXT y SPI-POZO 10 DST configurado al SDMC con alarma por alta presión Oreda 2002 Offshore Reliability Data 4th Edition. pag. 553						4.64E-02	
SIF	N/A						N/A	
Protección mecánicas	N/A						N/A	
FS (protección intrínseca del paquete)	N/A						N/A	
Salvaguardas No IPL's	N/A							
PDF total de todas las IPL's							4.64E-02	
Frecuencia del evento no mitigado sin FIS (ocasiones/año)								1.46E-04
Probabilidad de falla en la demanda promedio								6.84E-03
Factor de reducción del riesgo								1.46E+02
Acciones requeridas para cumplir con los criterios de tolerancia al riesgo	Se requiere una Función Instrumentada de Seguridad con un SIL 2 con acción de cierre de válvula de corte a través de un PIT configurado al SIS. (Línea de llegada de gas de alta presión)							
Notas								
FIS	N/A			SIL Requerido			2	



Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la
Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)



CAPÍTULO VI

RESULTADOS DEL ESTUDIO DE SEGURIDAD (NIS)



Por otro lado se puede decir que el objetivo primordial para la determinación del Nivel de Integridad de Seguridad para la Plataforma de producción San Pedro 1 (SP1), es aumentar la seguridad en el proceso, aunado a un adecuado desempeño en la operación, el cual se encuentra directamente dirigido a la seguridad de las personas, del medio ambiente y de las instalaciones.

Para alcanzar este objetivo, fue necesaria la identificación de los eventos peligrosos, tomando como referencia lo obtenido de la aplicación de la metodología de identificación de riesgos HAZOP, mismos que en el presente estudio se asociaron a la vez a un determinado equipo, línea, servicio o instrumento, con la finalidad de que la causas identificadas para un determinado evento sean las propiciantes para la activación de un evento peligroso.

Para el análisis de capas de protección (LOPA) se seleccionaron aquellos eventos que debido a su magnitud de consecuencias representan un riesgo al personal presente en la instalación o un riesgo en cuanto a pérdidas económicas en la producción, relacionados con eventos catastróficos o serios, de los cuales se obtuvo como principal resultado la necesidad de implementar Funciones Instrumentadas de Seguridad asociadas a un Sistema Instrumentado de Seguridad para prevenir o mitigar los eventos identificados, ya que el nivel de riesgo obtenido con las salvaguardas existentes se encuentra por encima de valor del nivel de riesgo tolerable.

El resultado del Análisis LOPA y con ello la determinación del NIS requerido para la Plataforma de producción San Pedro 1 (SP1), se muestran en capítulo anterior, además de los valores de frecuencia del factor de reducción de riesgo obtenido para cada uno de los escenarios identificados y evaluados mediante el análisis LOPA.



Tabla 6-1 NIS requerido y factor de reducción de riesgo por escenario evaluado para el proyecto de ampliación de la Plataforma de producción San Pedro 1 (SP1)

Escenario	Causas Evento iniciador	Evento Final	FRR	PFD Objetivo	NIS Requerido
EI.01	Apertura de la válvula de estrangulamiento por falla mecánica a la llegada de pozos.	Sobrepresión en línea de producción, Manifold de producción (Separadores de prueba y separador de Totales), con fuga de hidrocarburos y posible formación de nube tóxica, incendio, explosión con daño al personal, medio ambiente y a las instalaciones.	1.67E-01	5.29E-05	NO
EI.02	Apertura del By-Pass de la PSV a la salida de los separadores MBF-201/203/203 por error humano	Venteo de gas amargo a la atmosfera con posible formación de nube tóxica con daño al personal y a la instalación.	4.64E+00	4.64E-04	NO
EI.03	Paro de compresor CAS-401 por falla mecánica.	Sobrepresión en el MBF-301 con fuga de gas y posible formación de nube tóxica, incendio y explosión con daño al personal medio ambiente y a la instalación.	1.50E+00	7.32E-06	NO
EI.04	Cierre de válvula manual de 3" BF-30201 por error humano en la línea de salida de compresor CAS-401	Sobrepresión en línea de descarga de compresor con fuga en uniones bridadas con posible formación de nube tóxica, incendio y explosión con daño al personal medio ambiente y a la instalación	4.64E+02	4.64E-02	2
EI.05	Apertura de válvula de presión-vacío PVSF-60101 del tanque ABJ-601.	Venteo de gas a la atmósfera y daño a tanque con posible formación de nube tóxica con daño al personal y a la instalación.	4.76E+00	6.90E-02	NO
EI.06	Cierre de válvula manual de 3" por error humano en línea de inyección a pozos.	Sobrepresión en línea de inyección de gas de alta presión con posible fuga de gas y posible formación de nube tóxica, incendio o explosión, daño al personal, daño a instalación y al medio ambiente.	4.64E+02	4.64E-02	2
EI.07	Bloqueo o restricción de la válvula de estrangulamiento aguas arriba del manifold de inyección de gas.	Sobrepresión en línea de inyección de gas de alta presión aguas arriba del manifold de inyección de gas, con posible fuga de gas y posible formación de nube tóxica, incendio o explosión, daño al personal, daño a instalación y al medio ambiente	1.46E+02	4.64E-02	2



Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la
Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)



CAPÍTULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES



En el presente documento se desarrolla la primera etapa del ciclo de vida de seguridad para la **Determinación del NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la Plataforma de Producción San Pedro 1**, ubicada en Perú, donde, se define el NIS como el proceso de seleccionar la reducción de riesgo adecuada necesaria para el Sistema Instrumentado de Seguridad, con el fin de lograr un nivel aceptable de riesgo. Utilizando normas y procedimientos de referencia de instalaciones similares en materia de riesgo de PEMEX, para la realización de las metodologías de identificación de peligros, así como la evaluación cuantitativa de las consecuencias, ya que en base a la magnitud de dichas consecuencias, se tomaron como base estos escenarios y así lograr determinar si es necesario implementar una Función instrumentada de seguridad adicional para permitir reducir el riesgo a una zona aceptable.

Para esto se desarrolló la técnica denominada LOPA (Layer of Protection Analysis) para la Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1). En base a normas internacionales como la IEC-61511 en sus tres apartados.

Para llevar a cabo el análisis de capas de protección (LOPA) se seleccionaron los eventos de fuga y/o pérdida de contención que debido a que sus potenciales consecuencias, representan un riesgo al personal presente en la instalación y derivado de la identificación de las capas de protección del proyecto Plataforma de producción San Pedro 1, se determinó la necesidad de implementar Funciones Instrumentadas de Seguridad (FIS) para 3 escenarios (ver tabla 6-1), adicionales a las capas de protección existentes a fin de reducir el riesgo en la instalación.

Con los resultados obtenidos en este estudio se concluye que con las capas de protección no SIS con las que contará la Plataforma de producción San Pedro 1 no son suficientes desde el punto de vista de riesgo, por lo que será necesario implementar un Sistema Instrumentado de Seguridad con funciones instrumentadas de seguridad adicionales con el fin de llevar a la instalación a niveles tolerables de riesgo, así mismo, será necesario contemplar las siguientes recomendaciones:



- Cumplir con los programas de pruebas, inspección y mantenimiento de las capas de protección independientes activas, a fin de mantener la integridad de las capas de protección y evitar que el riesgo se incremente y se mueva a la zona de riesgo indeseable.
- Los escenarios listados en las hojas de trabajo del análisis de peligro y operabilidad deben ser contemplados en el Plan de Respuesta a Emergencias (PRE) de la Plataforma.
- Documentar, actualizar y difundir debidamente los procedimientos operativos de:
 - Arranque.
 - Paro.
 - Operación Normal.
 - Flexibilidades Operativas.
 - Contingencias.
 - Plan de Respuesta a Emergencias.
- Cumplir con el programa de capacitación al personal de contra incendio.
- Llevar a cabo el programa anual de simulacros operacionales y de emergencia, dentro de la instalación, de acuerdo a los escenarios de riesgo identificados en el análisis.

De igual manera se muestran las recomendaciones del estudio de seguridad SIL de las Funciones Instrumentadas de Seguridad resultantes y su modo de actuación:

Tabla 7-1 Recomendaciones del Estudio de seguridad SIL

Escenario	Causas Evento iniciador	Función Instrumentada propuesta	FRR	SIL
EI.04	Cierre de válvula manual de 3" BF-30201 por error humano en la línea de salida de compresor CAS-401	Se requiere una Función Instrumentada de Seguridad con un SIL 2 con acción de paro del compresor a través de un PIT configurado al SIS o ESD.	4.64E+02	2
EI.06	Cierre de válvula manual de 3" por error humano en línea de inyección a pozos.	Se requiere una Función Instrumentada de Seguridad con un SIL 2 con acción de cierre de válvula de corte a través de un PIT configurado al SIS. (Línea de llegada de gas de alta presión)	4.64E+02	2
EI.07	Bloqueo o restricción de la válvula de estrangulamiento aguas arriba del manifold de inyección de gas.	Se requiere una Función Instrumentada de Seguridad con un SIL 2 con acción de cierre de válvula de corte a través de un PIT configurado al SIS. (Línea de llegada de gas de alta presión)	1.46E+02	2



Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la
Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)



Bibliografía



1. Miller, M.J. "Reliability of Fire Protection", Chemical Engineering Progress, 70 (4):62 (April 1974).
2. Williams, Jeremy C., "Incorporating Human Performance Variability in Process Safety Assessment", (Publication source unknown).
3. Fink, D.G., "Standard Handbook for Electrical Engineers", 10th Ed., p. 26-13 (1968)
4. J.M. Santamaría, P.A. Braña Aísa "Análisis y Reducción de Riesgos en la Industria Química", Fundación Mapfre.
5. Enrique González Ferradás, Francisco José Ruiz Boada, Agustín Miñana Aznar, Joaquín Navarro Gómez, José Ruiz Gimeno, Jesús Martínez Alonso. "Zonas de Planificación para Accidentes Graves de Tipo Térmico" Departamento de Ingeniería Química Universidad de Murcia.
6. "OREDA" Offshore Reliability Data, 4ht. Edition, 2002, Ed. SINTEF.
7. Manual de Seguridad Industrial en Plantas Químicas y Petroleras, Tomo 1, J.M. Storch de Gracia.
8. Process sensor, Control and safety equipment, OREDA-2002.
9. Guía Técnica, Métodos Cuantitativos para el análisis de riesgos, Protección Civil España, 1994.
10. COMERI 144, Rev. 2., Lineamiento para realizar Análisis de Riesgo de Proceso, Análisis de Riesgo de Ductos y Análisis de Riesgos de Seguridad Física en instalaciones de Petróleos Mexicanos y organismos Subsidiarios.
11. Guías Técnicas para Realizar Análisis de Riesgo de proceso de Petróleos Mexicanos. Clave 800-16400-DCO-GT-75 Rev.2.
12. Criterios Técnicos para Simular Escenarios de Riesgo por Fugas y Derrames de Sustancias Peligrosas, en Instalaciones de Petróleos Mexicanos. Clave DCO-GDOESSSPA-CT-001, Rev. 1, 2011.
13. Guía Operativa para Realizar Análisis de Riesgo de Procesos en los Proyectos y/o instalaciones de PEMEX Exploración y producción, Clave GO-SS-TC-0002-2015, Rev. 1 Seguridad Funcional-Sistemas Instrumentados de Seguridad – para los Procesos del Sector Industrial, Clave NRF-045-PEMEX-2010.



14. IEC 61508, 2000 Functional Safety of Electric/Electronic/Programmable Electronic Safety Related Systems, International Electrotechnical Commission, 2000.
15. IEC 61511-1. Functional safety - Safety instrumented systems for the Process Sector, International Electrotechnical Commission, 2003.
16. IEC 61511-3: Functional safety - Safety instrumented systems for the process industry sector – Guidance for the determination of the required safety integrity levels.
17. Safety Instrumented Systems: Desing, Analysis and Justification, 2nd Edition, Paul Gruhn, P.E. and Harry L. Cheddie, P.E., Ed. ISA, 2006
18. Análisis de Capas de Protección (LOPA) y Selección del SIL (Ingeniería de Seguridad I), SMART SAFETY AND CONTROL PROVIDER EXIDA-MEXICO, 2008
19. ANSI/ISA-S84.01-1996.“Application of Safety Instrumented System for the Process Industries”. ISA-The Instrumentation, System and Automation Society. 2002.
20. ANSI/ISA-TR84.02-2003. “Safety Instrumented Functions (SIF) –Safety Integrity Level (SIL). Evaluation Techniques Part 3: Determining the SIL of a SIF via Fault Tree Analysis”. ISA-The Instrumentation, System and Automation Society. 2002.
21. GOBLE, William M. “Control Systems Safety Evaluation and Reliability” .Segunda Edición. ISA-The Instrumentation, Systems, and Automation Society.
22. MARZAL, Ed. SHARPF, Eric. “Safety Integrity Level Selection”, ISA-The Instrumentation, Systems, and Automation Society.
23. DVSA IR-P-02: “Nivel de Integridad (SIL) de un Sistema Instrumentado de Seguridad (SIS)”. Manual de Ingeniería de Riesgos. 2002.



Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la
Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)



ANEXOS

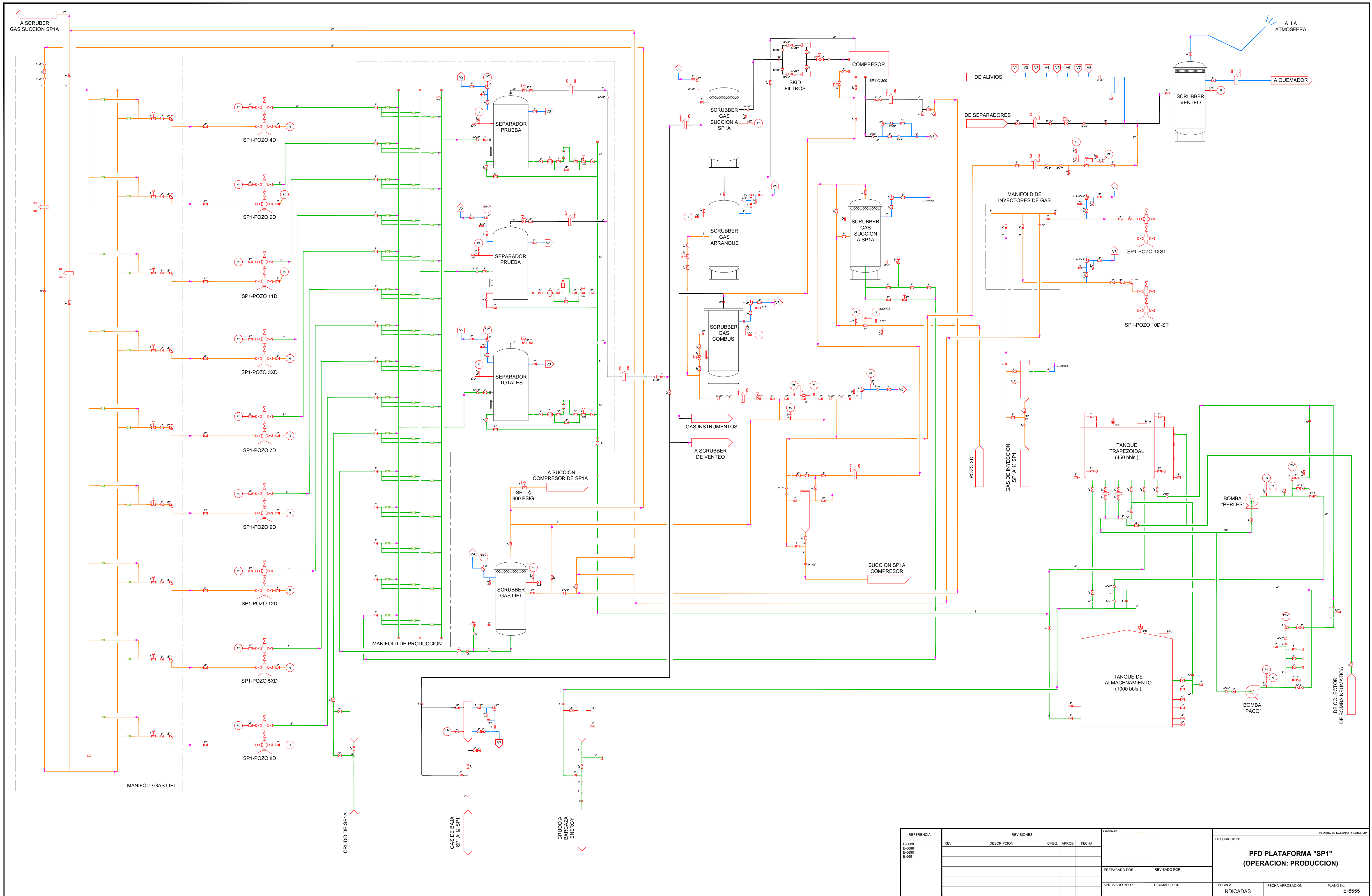


Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)

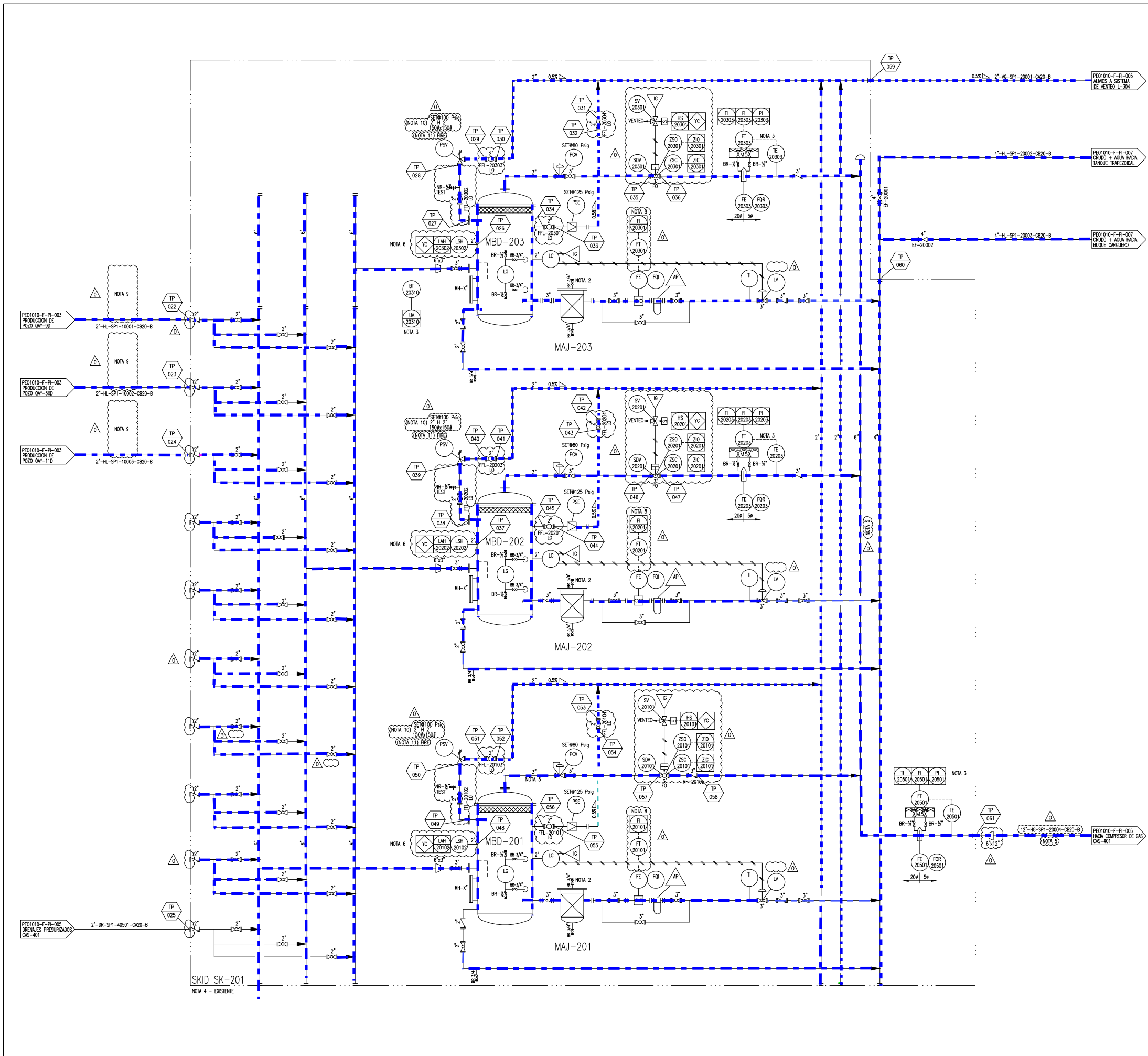


Anexo A

Nodos Marcados para Metodología HazOp



REFERENCIA	REVISIONES			PROYECTISTA	DESCRIPCION:
	REV.	DESCRIPCION	HECHO		
E-6688					PFD PLATAFORMA "SP1" (OPERACION: PRODUCCION)
E-6690					
E-6690					
E-6691					
	PREPARADO POR:	REVISADO POR:			
	APROBADO POR:	DIBUJADO POR:			
	ESCALA	FECHA APROBACION			PLANO No. E-6555



LISTA DE EQUIPOS:

- MBD-201
 SEPARADOR BIFASICO "TOTAL"
 OD=3 Ft x L(V/I) = 7 Ft
 MAWP = 125 psig
- MBD-202/203
 SEPARADOR BIFASICO "TEST"
 OD=3 Ft x L(V/I) = 7 Ft
 MAWP = 125 psig
- MAJ-201/202/203
 - FILTRO TIPO CANNASTA VERTICAL
 - On = 9000 BPD
 - OD = 3 pulg.
 - Pd = 125 psig

REVISION

NOTAS:

- 1- TODOS LOS TAGS DE INSTRUMENTOS, VALVULAS MANUALES Y ELEMENTOS ESPECIALES MOSTRADOS EN ESTE P&ID LLEVAN COMO PREFIJO EL CODIGO DEL AREA "SP1", DE LA PLATAFORMA SP1.
- 2- CONEXION PARA INSTALAR VALVULA ELIMINADORA DE AIRE MARCA "ARMSTRONG" MODELO "AIR VENT 11-AV" 3/4" INLET x 1/2" OUTLET DE 1/8" ORIFICIO.
- 3- SEÑALES A COMPUTADOR DE FLUJO ROC-809
- 4- SKID EXISTENTE EN BARCAZA A SER REUBICADO PARA EL PROYECTO EN PLATAFORMA SP1.
- 5- SE RECOMIENDA MODIFICAR DIAMETRO DE LINEA EXISTENTE DE GAS DE 5" Y 6" A 12" DE ACUERDO A LAS CONDICIONES DE FLUJO, PRESION Y TEMPERATURA DADAS.
- 6- NIVEL DE CORTE A SER DEFINIDO POR PETROTECH. EL TIE IN REQUIERIRA SOMETER AL RECIPIENTE A NUEVA PRUEBA HIDRAULICA.
- 7- LOS P&ID CORRESPONDEN A UN LEVANTAMIENTO DE LAS INSTALACIONES Y NO A UNA INGENIERIA DE LATINTECA. LAS LINEAS MARCADAS COMO NUEVAS REFLEJAN EL DISEÑO DE PETROTECH. LO MARCADO ENTRE NUBES REFLEJA UNA RECOMENDACION DE LATINTECA.
- 8- TRANSMISOR DE FULSOS
- 9- A SOLICITUD DE PETROTECH SE RETIRAN MANOMETROS
- 10- DIMENSIONES DE PSV'S OBTENIDAS DE PLANOS MECANICOS DE RECIPIENTES MBD-201/202/203 SUMINISTRADOS POR PETROTECH.
- 11- PETROTECH EN COORDINACION CON PROVEEDOR DE INSTRUMENTACION, DEBERA VERIFICAR QUE ESTAS VALVULAS EXISTENTES HALLAN SIDO DIMENSIONADAS PARA "CASO FUEGO" Y QUE SUS DIMENSIONES ESTEN DE ACUERDO AL API 526.

REFERENCIAS

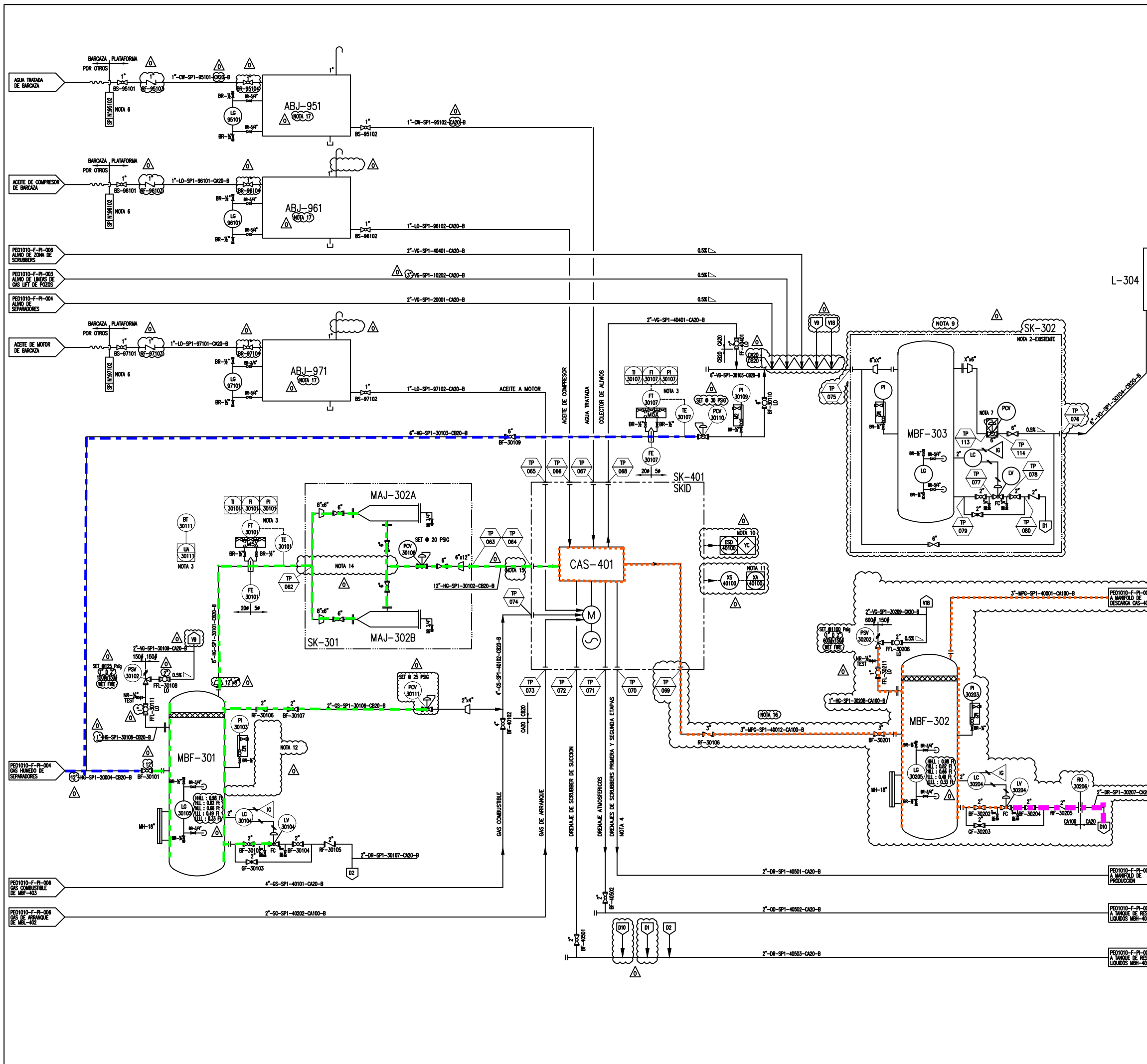
- NUEVO
- EXISTENTE
- PE1010-F-PI-002 P&I SIMBOLOGIA
- DRENAJES A TANQUES DE RESIDUOS MBH-305
- VALVULAS ALMOS AL SISTEMA DE STACK
- RECOMENDACION DE LATINTECA

0	PARA CONSTRUCCION				
REV	FECHA	DESCRIPCION	EJECUTO	REVISO	APROBO

CLIENTE:
 PROYECTO:

TITULO: PLATAFORMA SP-1
 SUBTITULO: SISTEMA DE SEPARACION
 TIPO DE DOCUMENTO: DIAGRAMA DE CAÑERIAS E INSTRUMENTOS

ESCALA S/E	ARCHIVO: PE1010-F-PI-004-0.dwg	DOCUMENTOS : PE1010-F-PI-004	HOJA: 1 DE: 1	REV. 0
---------------	-----------------------------------	---------------------------------	------------------	-----------



LISTA DE EQUIPOS

- MBF-301
SCRUBBER DE SUCCION
D=42" L(L/A)=11 FT
Pd = 125 Psig
- MBF-303
SCRUBBER DE STACK
D=X FT L(L/A)=X
MAWP = 283 Psig
- CAS-401
COMPRESOR DE GAS LIFT
Q= 5.78 MMSCFD
P= 20 Psig P= 1000 Psig
MOTOR WAUKESHA A GAS
- MAJ-302A/B
FILTRO DE SOLIDOS
Q= 5.78 MMSCFD
D=6"
Pd = 125 Psig
- L-304
STACK
D=6" H=120 FT (APROXIMADO)
- ABJ-951
TANQUE DE AGUA TRATADA
V=35.3 F3
L=3.94 FT x A=3.94 FT x H=3.54 FT
- ABJ-961
TANQUE DE ACEITE DE COMPRESOR
V=35.3 F3
L=3.94 FT x A=3.94 FT x H=3.54 FT
- ABJ-971
TANQUE DE ACEITE DE MOTOR
V=35.3 F3
L=3.94 FT x A=3.94 FT x H=3.54 FT
- MBF-302
SCRUBBER DE DESCARGA
D=30" L(L/A)= 10 FT
Pd = 1100 Psig

NOTAS

- 1- TODOS LOS TAGS DE INSTRUMENTOS, VALVULAS MANUALES Y ELEMENTOS ESPECIALES MOSTRADOS EN ESTE P&ID LLEVAN COMO PREFIJO EL CODIGO DEL AREA "SP1A", DE LA PLATAFORMA SP1A.
- 2- SKID EXISTENTE A SER REUBICADO PARA EL PROYECTO SP1.
- 3- SEÑALES A COMPUTADOR DE FLUJO ROC-809
- 4- DRENAJES DE PRIMERA Y SEGUNDA ETAPA DE COMPRESOR. LA LINEA INCLUYE ORIFICIOS DE RESTRICCIÓN A LA SALIDA DE LOS SEPARADORES INTER ETAPA.
- 5- SE RECOMIENDA MODIFICAR EL DIAMETRO DE LAS LINEAS DE GAS AL SCRUBBER DE ENTRADA, SUCCION DEL COMPRESOR CAS 401 Y VENTEO A 12"
- 6- CONEXION RAPIDA PARA MANGUERA.
- 7- REEMPLAZAR POR CARRETE.
- 8- LOS P&ID CORRESPONDEN A UN LEVANTAMIENTO DE LAS INSTALACIONES Y NO A UNA INGENIERIA DE LATINTECHA. LAS LINEAS MARCADAS COMO NUEVAS REFLEJAN EL DISEÑO DE PETROTECH. LO MARCADO ENTRE NUBES REFLEJA UNA RECOMENDACION DE LATINTECHA.
- 9- SE RECOMIENDA MANTENER LA INSTALACION DEL SCRUBBER MBF-302 EXISTENTE PARA SEPARAR LOS CONDENSADOS QUE LLEGAN AL SISTEMA DE VENTEO. PETROTECH DEBERA VERIFICAR DIMENSIONAMIENTO (D, L(L/A)) DE SCRUBBER.
- 10- SHUT DOWN DEL COMPRESOR
- 11- SEÑAL DE ALARMA DEL COMPRESOR.
- 12- SE RETIRA INSTRUMENTACION A SOLICITUD DE PETROTECH.
- 13- COMANDADO POR LOGICA INTERNA DE COMPRESOR.
- 14- SE RETIRA NUEVO TRAMO PROPUESTO Y SE MANTIENE ARREGLO DE SKID DE FILTROS A SOLICITUD DE PETROTECH.
- 15- SE RETIRA FILTRO TEMPORAL A SOLICITUD DE PETROTECH.
- 16- DEBIDO A LAS CONDICIONES DE P Y T DEL GAS HUMEDO EN LA DESCARGA DEL COMPRESOR CAS-401, SE RECOMIENDA LA INSTALACION DE UN SCRUBBER DE GAS PARA EVITAR LA FORMACION Y ACUMULACION DE CONDENSADOS EN LA LINEA SUBMARINA QUE VA HACIA SP-1A.
- 17- DISEÑADO POR PETROTECH.

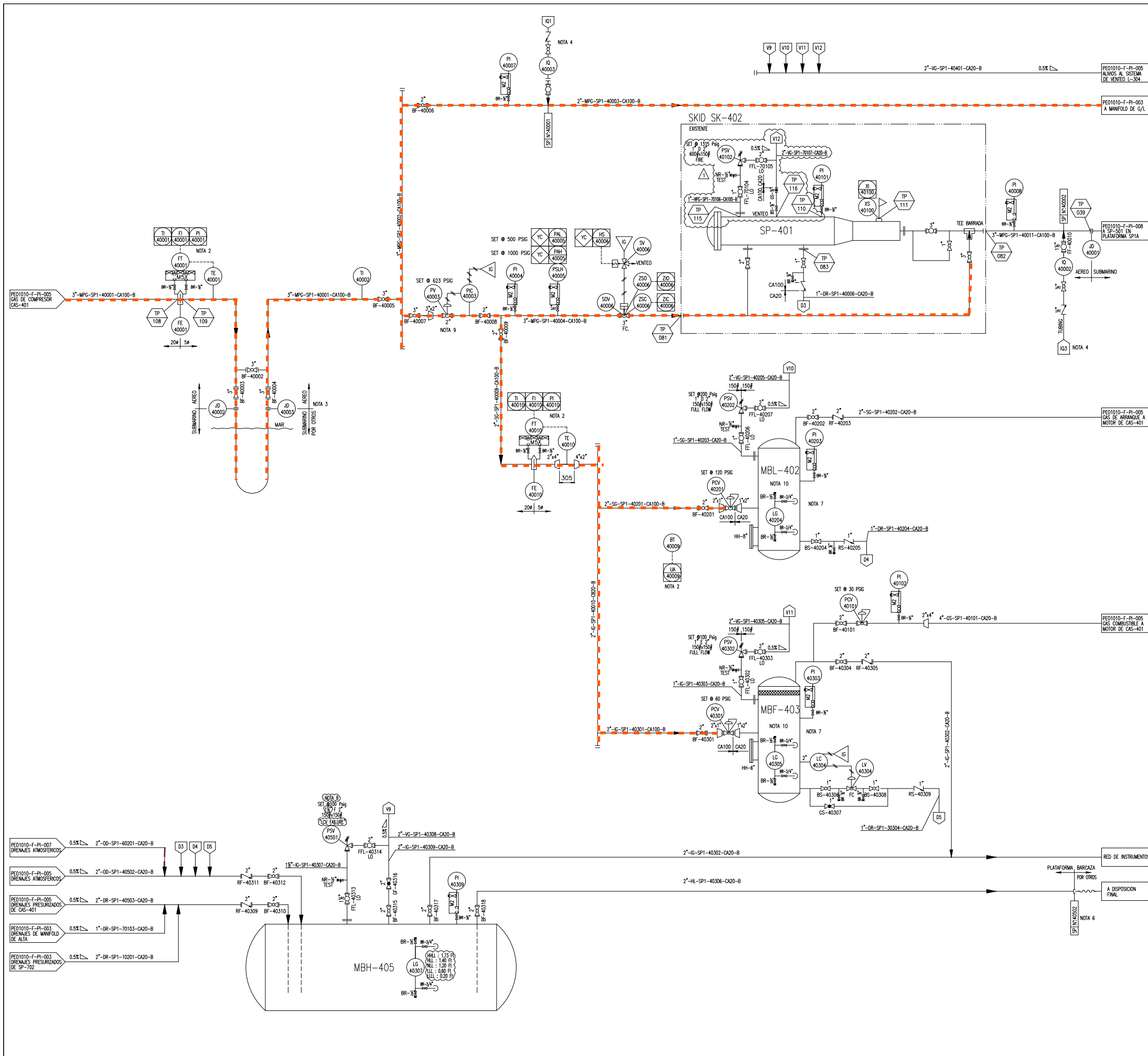
REFERENCIAS

- NUEVO
- EXISTENTE
- PE1010-F-PI-002 P&ID SIMBOLOGIA
- D DRENAJES A TANQUES DE RESIDUOS LIQUIDOS MBH-405
- Y ALMOS AL STACK
- /// A DESMONTAR
- ☁ RECOMENDACION DE LATINTECHA

0	PARA CONSTRUCCION				
REV	FECHA	DESCRIPCION	EJECUTO	REVISO	APROBO

CLIENTE:
PROYECTO:
TITULO: PLATAFORMA SP-1
SUBTITULO: SISTEMA DE COMPRESION DE GAS LIFT Y VENTEO
TIPO DE DOCUMENTO: DIAGRAMA DE CAÑERIAS E INSTRUMENTOS

ESCALA	ARCHIVO: PE1010-F-PI-005-0.dwg	DOCUMENTOS :	HOJA: 1	REV. 0
S/E		PE1010-F-PI-005	DE: 1	



LISTA DE EQUIPOS

- MBL-402
ACUMULADOR DE GAS DE ARRANQUE
D=28" H=4.92 FT
Pd = 200 Psig @300°F
- MBF-403
SCRUBBER DE GAS DE INSTRUMENTOS/GAS COMBUSTIBLE
D=16" H=3.93 FT
Pd = 100 Psig @300°F
- MBH-405
TANQUE DE RESIDUOS LIQUIDOS
D=28" L(L/V) = 3.93 FT
Pd = 100 Psig @100°F
- SP-401
TRAMPA LANZADORA DE GAS
D=3" L=5'-2 3/8"
Pd = 2000 @300°F

REVISION

NOTAS

- 1- TODOS LOS TAGS DE INSTRUMENTOS, VALVULAS MANUALES Y ELEMENTOS ESPECIALES MOSTRADOS EN ESTE PID LLEVAN COMO PREFIJO EL CODIGO DEL AREA "SP1", DE LA PLATAFORMA SP1.
- 2- SERALES A COMPUTADOR DE FLUJO ROC-809
- 3- LA TUBERIA SE SUMERGE PARA ENFRIAR EL GAS.
- 4- SISTEMA DE INYECCION A SER DEFINIDO POR PETROTECH.
- 5- LOS PAD. CORRESPONDEN A UN LEVANTAMIENTO DE LAS INSTALACIONES Y NO A UNA INGENIERIA DE LATINTECHA. LAS LINEAS MARCADAS COMO NUEVAS REFLEJAN EL DISEÑO DE PETROTECH. LO MARCADO ENTRE NUBES REFLEJA UNA RECOMENDACION DE LATINTECHA.
- 6- CONEXION RAPIDA PARA MANGUERA.
- 7- SE RETIRA INSTRUMENTACION A SOLICITUD DE PETROTECH.
- 8- PETROTECH DEBERA VERIFICAR CON "INGERSOLL-RAND COMPANY" QUE EL CAUDAL DE GAS POR TRABA ABERTA DE LAS VALVULAS DE CONTROL DE NIVEL DENTRO DEL PAQUETE DE COMPRESION (SKID SK-401) ES MENOR QUE EL CAUDAL MAXIMO DE LA PSV-40501.
- 9- DIMENSIONAMIENTO Y MEDIDA DE VALVULA A SER CONFIRMADO POR PROVEEDOR DE INSTRUMENTACION.
- 10- DISEÑO DE RECIPIENTES REALIZADO POR PETROTECH.

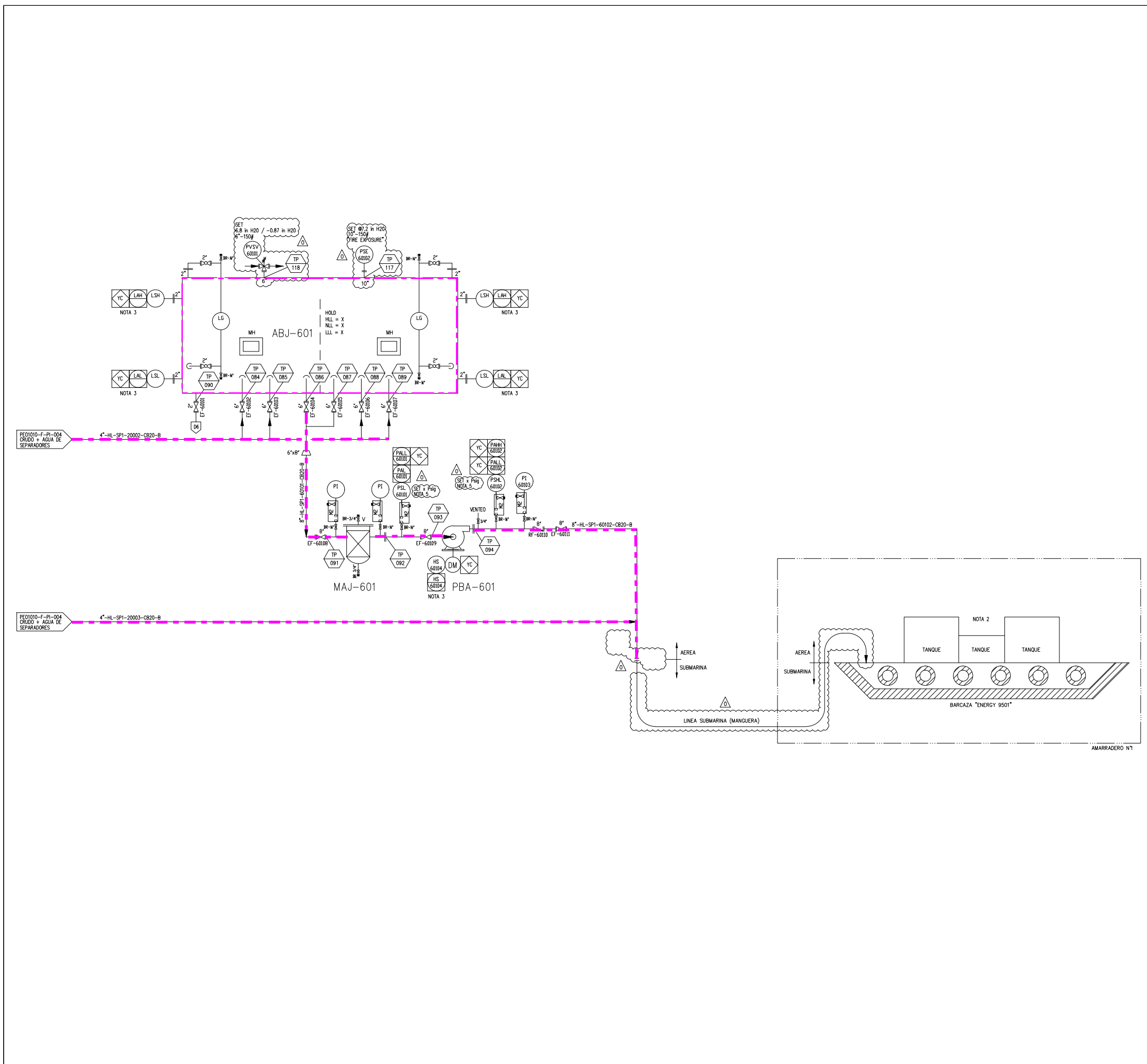
REFERENCIAS

- NUEVO
- - - EXISTENTE
- PEO1010-F-Pi-002 P&I SIMBOLOGIA
- D DRENAJES A TANQUES DE RESIDUOS LIQUIDOS MBH-405
- V (V1,V2,V3,V4) VENTEOS A SCRUBBER DE FLARE
- RECOMENDACION DE LATINTECHA

REV	FECHA	DESCRIPCION	EJECUTO	REVISO	APROBO
0		PARA CONSTRUCCION			
		PARA CONSTRUCCION			

CLIENTE:
 PROYECTO:
 TITULO: PLATAFORMA SP-1
 SUBTITULO: SISTEMA DE GAS DE SERVICIO
 TIPO DE DOCUMENTO: DIAGRAMA DE CAÑERIAS E INSTRUMENTOS

ESCALA: S/E	ARCHIVO: PEO1010-F-Pi-006-1.dwg	DOCUMENTOS: PEO1010-F-Pi-006	HOJA: 1 DE: 1	REV: 1
-------------	---------------------------------	------------------------------	---------------	--------



LISTA DE EQUIPOS

- ABJ-601
ALMACENAMIENTO DE CRUDO
Capacidad = 450 Bbls. (02 COMPARTIMENTOS)
L=36 Ft
H=12 Ft
A=10 Ft
- PBA-601
BOMBAS DE DESPACHO DE CRUDO
Qn=1400 GPM
H=578 Ft
MOTOR 267 BHP DIESEL
- MAJ-601
FILTRO CANASTA DE SUCCION
Qn=1400 GPM
Pd=150 Psi @150F
- MAJ-601
FILTRO CANASTA DE SUCCION
Qn=1400 GPM
Pd=150 Psi @150F

REVISION

NOTAS

- 1- TODOS LOS TAGS DE INSTRUMENTOS, VALVULAS MANUALES Y ELEMENTOS ESPECIALES MOSTRADOS EN ESTE P&ID LLEVAN COMO PREFIJO EL CODIGO DEL AREA "SP1", DE LA PLATAFORMA SP1.
- 2- LOS TANQUES UBICADOS DENTRO DE LA BARCAZA "ENERGY 9501" SE ENCONTRARAN COMUNICADOS CON LA "ESTACION DE TRABAJO" UBICADA EN LA PLATAFORMA SP-1 Y SP1-A (INGENIERIA NO INCLUIDA EN EL ALCANCE DEL PROYECTO)
- 3- SELECTOR DEL TANQUE QUE ALIMENTA A BOMBA. REQUIERE OPERACION MANUAL DE VALVULAS DE INGRESO Y SALIDA DE TANQUE.
- 4- LOS P&ID CORRESPONDEN A UN LEVANTAMIENTO DE LAS INSTALACIONES Y NO A UNA INGENIERIA DE LATINTECNA. LAS LINEAS MARCADAS COMO NUEVAS REFLEJAN EL DISEÑO DE PETROTECH. LO MARCADO ENTRE NUBES REFLEJA UNA RECOMENDACION DE LATINTECNA.
- 5- PETROTECH DEBERA VERIFICAR CON EL PROVEEDOR DE LA BOMBA PBA-601 LOS VALORES DE SETEO POR ALTA/ BAJA PRESION PARA CONFIGURACION ADECUADA DE SEÑALES DE ALARMA DE ALTA/BAJA PRESION.

REFERENCIAS

- NUEVO
- EXISTENTE
- PEO1010-F-PL-002 P&I SIMBOLOGIA
- ☒ DRENAJES A TANQUES DE RESIDUOS MBH-305
- ☁ RECOMENDACION DE LATINTECNA

0	PARA CONSTRUCCION				
REV	FECHA	DESCRIPCION	EJECUTO	REVISO	APROBO

CLIENTE:
PROYECTO:
TITULO: PLATAFORMA SP-1
SUBTITULO: ALMACENAMIENTO Y TRANSFERENCIA DE CRUDO
TIPO DE DOCUMENTO: DIAGRAMA DE CAÑERIAS E INSTRUMENTOS

ESCALA S/E	ARCHIVO: PEO1010-F-PI-007-0.dwg	DOCUMENTOS : PEO1010-F-PI-007	HOJA: 1 DE: 1	REV. 0
---------------	------------------------------------	----------------------------------	------------------	-----------



Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la
Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)



Anexo B

Resultados del Análisis de consecuencias

Mediante el Software PHAST 7.11



Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la
Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)



Escenario 1

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810

Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11



Plataforma San Pedro 1 (SP1)



San Pedro 1 (SP1)

San Pedro 1 (SP1)\EI.01 CASO MAS PROBABLEI.01.-Fuga de Hidrocarburos debido a una Sobrepresión en línea de producción, Manifold de producción (Separadores de prueba y separador de Totales),con posible formación de nube toxica, incendio, explosión con daño al personal, medio ambiente y a las instalaciones debido a la apertura por falla mecánica de la válvula de estrangulamiento

Base Case

CASE Name: Data

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.01 CASO MAS PROBABLE Nodo 1\Fuga por Sobrepresión

User-Defined Data

Scenario

Direction

Outdoor release direction Horizontal impingement

Hole

Orifice diameter 15,24 mm
Use specified discharge coefficient? No

Release location

[Tank head 0 m]
Elevation 1 m

Material

Material

[Material characteristics Toxic and flammable]
[Material to track HYDROGEN SULFIDE]

Phase

[Phase to be released Liquid]

Discharge parameters

Droplet breakup mechanism

[Droplet break-up mechanism - instantaneous Use flashing correlation]
[Droplet break-up mechanism - continuous Do not force correlation]

Model settings

[Atmospheric expansion method Closest to initial conditions]
[Is flashing allowed to the orifice? No flashing in the orifice]

Dispersion

Averaging time for reports

ERPG [1 hr] No
STEL [15 mins] Yes

Dispersion scope

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Concentration of interest	100 ppm
Averaging time for concentration of interest	IDLH
Specify user-defined averaging time	Yes
User defined averaging time	1800 s

Distances of interest

[Distances of interest(1)]	10 m]
[Distances of interest(2)]	20 m]
[Distances of interest(3)]	30 m]

Bund, building and terrain: Default terrain

Dispersing surface

[Surface over which the dispersion occurs	Land]
[Surface roughness length	User-defined]
[User-defined length	183,156 mm]

Bund, building and terrain: No bund

Bund properties

[Bund height	0 m]
[Bund area (internal)	0 m2]
[Bund failure modeling	Bund cannot fail]

Surface for pools

[Type of surface for pools	Deep open water]
----------------------------	------------------

Bund, building and terrain

Building definition

[Specify a release building	No]
[Building wake effect	None]

Toxic parameters

Exposure time data

[Set averaging time equal to exposure time	Use a fixed averaging time]
--	-----------------------------

Indoor toxic calculations

[Specify the downwind building type	Unselected]
-------------------------------------	-------------

Toxic contours

[Number of toxic levels	4]
[Dose levels(1)	130000]
[Dose levels(2)	1,3E+06]
[Dose levels(3)	1,3E+07]
[Dose levels(4)	1,3E+08]
[Probit levels(1)	2]
[Probit levels(2)	3]
[Probit levels(3)	4]
[Probit levels(4)	10]
[Lethality levels(1)	0,001 fraction]

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

[Lethality levels(2)	0,01 fraction]
[Lethality levels(3)	0,1 fraction]
[Lethality levels(4)	0,99 fraction]

Explosion parameters

Explosion method (Consequence calculations only)

[Explosion method	Multi-Energy: Uniform confined]
-------------------	---------------------------------

Ignition

[Supply late ignition location	No ignition location]
--------------------------------	-----------------------

Vapour liquid method

[Use of explosion mass modification factor	Early and late explosions]
[Explosion mass modification factor	3]

Fireball

Calculation method

[Fireball model	Recommended]
-----------------	--------------

Parameters

[Mass modification factor	3]
---------------------------	----

Radiation levels

[Number of input radiation levels	3]
[Intensity levels(1)	1,4 kW/m2]
[Intensity levels(2)	5 kW/m2]
[Intensity levels(3)	37,5 kW/m2]

Result types to calculate

[Calculate probit	No]
[Calculate dose	No]
[Calculate lethality	No]

Jet fire

Cone model data

[Horizontal options	Use standard method]
[Correlation	Recommended]

Jet fire method

[Jet fire method	Cone model]
------------------	-------------

Parameters

[Rate modification factor	3]
---------------------------	----

Radiation levels

[Number of input radiation levels	3]
[Intensity levels(1)	1,4 kW/m2]
[Intensity levels(2)	5 kW/m2]
[Intensity levels(3)	37,5 kW/m2]

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Result types to calculate

[Calculate probit	No]
[Calculate dose	No]
[Calculate lethality	No]

Surface emissive power

[Calculation method for surface emissive power	Calculate SEP]
--	----------------

Pool fire

Parameters

[Radiative fraction for general fires	0,4 fraction]
---------------------------------------	---------------

Radiation levels

[Number of input radiation levels	3]
[Intensity levels(1)	1,4 kW/m2]
[Intensity levels(2)	5 kW/m2]
[Intensity levels(3)	37,5 kW/m2]

Result types to calculate

[Calculate probit	No]
[Calculate dose	No]
[Calculate lethality	No]

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.01 CASO MAS PROBABLE Nodo 1\Fuga por Sobrepresión

DISCHARGE DATA for Weather:

Weather folder\CATEGORIA 1.5/F

Wind Speed:	1,50 m/s
Wind Speed at Height (Calculated)	0,46 m/s
Pasquill Stability:	F

USER-DEFINED QUANTITIES

Material	CORRIENTE 7 MEZCLA
Scenario	Leak
Inventory	2.523,12 kg
Fixed Duration	n/a s

Stagnation data (data at upstream end for long pipe):

- Pressure	139,57 psi
- Temperature	70,00 degC
- Fluid State	Non-saturated liquid

CALCULATED QUANTITIES

Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space only)	n/a
Mass Flowrate	4,20528 kg/s
Release Duration	599,99 s
Orifice or pipe exit data (before atmospheric expansion):	
- Pressure	14,70 psi
- Temperature	69,70 degC

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

- Vena Contracta Velocity (exit velocity for pipe releases) 48,97 m/s
- Discharge Coefficient 0,60

Final data (after atmospheric expansion):

- Temperature 32,27 degC
- Liquid Mass Fraction 0,84 fraction
- Droplet Diameter 3,444E+002 um
- Expanded Radius 0,04 m
- Velocity 48,97 m/s

DISCHARGE DATA for Weather:

Weather folder\CATEGORIA 5/B-C

Wind Speed: 5,00 m/s
Wind Speed at Height (Calculated) 3,76 m/s
Pasquill Stability: B/C

USER-DEFINED QUANTITIES

Material CORRIENTE 7 MEZCLA
Scenario Leak
Inventory 2.523,12 kg
Fixed Duration n/a s

Stagnation data (data at upstream end for long pipe):

- Pressure 139,57 psi
- Temperature 70,00 degC
- Fluid State Non-saturated liquid

CALCULATED QUANTITIES

Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space only) n/a
Mass Flowrate 4,20528 kg/s
Release Duration 599,99 s

Orifice or pipe exit data (before atmospheric expansion):

- Pressure 14,70 psi
- Temperature 69,70 degC
- Vena Contracta Velocity (exit velocity for pipe releases) 48,97 m/s
- Discharge Coefficient 0,60

Final data (after atmospheric expansion):

- Temperature 32,27 degC
- Liquid Mass Fraction 0,84 fraction
- Droplet Diameter 3,444E+002 um
- Expanded Radius 0,04 m
- Velocity 48,97 m/s

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Consequence Results

Pool Vaporization Results

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.01 CASO MAS PROBABLE Nodo 1\Fuga por Sobrepresión

			CATEGORIA 1.3	CATEGORIA 5/B-C
		Release Segment 1		
Release Duration		s	599,989	599,989
Liquid Rainout		fraction	0,494977	0,423184
		Release Segment 1 Cloud Segment 1		
Cloud Segment Duration		s	120,451	97,5156
Pool Vaporization Rate		kg/s	0,893422	1,00324
Total Vapor Flowrate		kg/s	3,01718	3,42892
		Release Segment 1 Cloud Segment 2		
Cloud Segment Duration		s	479,549	502,484
Pool Vaporization Rate		kg/s	2,01354	1,74542
Total Vapor Flowrate		kg/s	4,13731	4,17109
Maximum Pool Radius		m	7,99131	5,44706

Distance to Concentration Results

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.01 CASO MAS PROBABLE Nodo 1\Fuga por Sobrepresión

The height for user defined concentrations is the user defined height 0 m
 All toxic results are reported at the toxic effect height 0 m
 All flammable results are reported at the cloud centreline height

Concentration(ppm)	Averaging Time		Distance (m)	
			CATEGORIA 1.3	CATEGORIA 5/B-C
User Conc (100)	1800	s	56,386	26,6665
UFL (80495)	18,75	s	19,7135	9,83566
LFL (12163,8)	18,75	s	77,8834	43,2652
LFL Frac (6081,88)	18,75	s	99,9586	64,2281
STEL (15)	900	s	No Hazard	No Hazard
IDLH (100)	1800	s	56,386	26,6665
Concentration(ppm)	Averaging Time		Heights (m) for above distances	
			CATEGORIA 1.3	CATEGORIA 5/B-C
User Conc (100)	1800	s	0	0
UFL (80495)	18,75	s	0	0,114757
LFL (12163,8)	18,75	s	0	0
LFL Frac (6081,88)	18,75	s	0	0
STEL (15)	900	s	0	0
IDLH (100)	1800	s	0	0

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Concentration At Distance Results

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.01 CASO MAS PROBABLE Nodo 1\Fuga por Sobrepresión

The height for user defined concentrations is the user defined height 0 m

All toxic results are reported at the toxic effect height 0 m

All flammable results are reported at the cloud centreline height

Distance		Conc.(ppm) at Flammable Avg.Time of 18,75 s	
		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
10	m	463,93	298,267
20	m	299,018	151,119
30	m	247,706	83,278

Distance		Heights (m) for above concentrations	
		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
10	m	0	0,104718
20	m	0	0
30	m	0	0

Distance		Conc.(ppm) at Toxic Avg.Time of 600 s	
		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
10	m	463,93	289,369
20	m	299,018	151,119
30	m	247,706	83,278

Distance		Heights (m) for above concentrations	
		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
10	m	0	0
20	m	0	0
30	m	0	0

Distance		Conc.(ppm) at User-defined Avg.Time of 1800 s	
		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
10	m	463,93	289,369
20	m	299,018	151,119
30	m	247,706	83,278

Distance		Heights (m) for above concentrations	
		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
10	m	0	0
20	m	0	0
30	m	0	0

Distance		Conc.(ppm) at IDLH Avg.Time of 1800 s	
		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
10	m	463,93	289,369
20	m	299,018	151,119
30	m	247,706	83,278

Distance		Heights (m) for above concentrations	
		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
10	m	0	0
20	m	0	0

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810

Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11



30	m	0	0
Distance		Conc.(ppm) at STEL Avg.Time of 900 s	
		CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	463,93	289,369
20	m	299,018	151,119
30	m	247,706	83,278
Distance		Heights (m) for above concentrations	
		CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	0	0
20	m	0	0
30	m	0	0
Distance		Conc.(ppm) at Core Avg.Time of 18,75 s	
		CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	463,93	289,369
20	m	299,018	151,119
30	m	247,706	83,278
Distance		Heights (m) for above concentrations	
		CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	0	0
20	m	0	0
30	m	0	0

Jet Fire Hazard

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.01 CASO MAS PROBABLE Nodo 1\Fuga por Sobrepresión

Jet fire method used: Cone model - Recommended

		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Jet Fire Status		Truncated	Truncated
Flame Direction		Horizontal	Horizontal

Radiation Effects: Jet Fire Ellipse

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.01 CASO MAS PROBABLE Nodo 1\Fuga por Sobrepresión

This table gives the distances to the specified radiation levels for each jet fire listed in the above hazard table

			Distance (m)
		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Radiation Level	1,4	kW/m2	54,8203 55,0145
Radiation Level	5	kW/m2	29,4523 29,1075
Radiation Level	37,5	kW/m2	18,0033 15,0468

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810

Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11



Radiation Effects: Jet Fire Distance

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.01 CASO MAS PROBABLE Nodo 1\Fuga por Sobrepresión

			Radiation Level (kW/m2)	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Distance Of Interest	10	m	Engulfed	Engulfed
Distance Of Interest	20	m	Engulfed	Engulfed
Distance Of Interest	30	m	119,862	35,4904

Early Pool Fire Hazard

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.01 CASO MAS PROBABLE Nodo 1\Fuga por Sobrepresión

			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Early Pool Fire Status			Hazard	Hazard

Radiation Effects: Early Pool Fire Ellipse

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.01 CASO MAS PROBABLE Nodo 1\Fuga por Sobrepresión

			Distance (m)	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Radiation Level	1,4	kW/m2	48,6341	46,8642
Radiation Level	5	kW/m2	30,1893	31,896
Radiation Level	37,5	kW/m2	10,2942	12,1189

Radiation Effects: Early Pool Fire Distance

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.01 CASO MAS PROBABLE Nodo 1\Fuga por Sobrepresión

			Radiation Level (kW/m2)	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Distance Of Interest	10	m	39,3634	50,1064
Distance Of Interest	20	m	12,7748	18,9185
Distance Of Interest	30	m	5,08317	6,11015

Late Pool Fire Hazard

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.01 CASO MAS PROBABLE Nodo 1\Fuga por Sobrepresión

			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Late Pool Fire Status			Hazard	Hazard

Radiation Effects: Late Pool Fire Ellipse

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.01 CASO MAS PROBABLE Nodo 1\Fuga por Sobrepresión

			Distance (m)	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Radiation Level	1,4	kW/m2	191,156	138,878
Radiation Level	5	kW/m2	112,226	88,4202
Radiation Level	37,5	kW/m2	37,3786	36,2598

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Radiation Effects: Late Pool Fire Distance

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.01 CASO MAS PROBABLE Nodo 1\Fuga por Sobrepresión

			Radiation Level (kW/m2)	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Distance Of Interest	10	m	Engulfed	Engulfed
Distance Of Interest	20	m	83,9488	73,5208
Distance Of Interest	30	m	49,4459	46,4445

Flash Fire Envelope

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.01 CASO MAS PROBABLE Nodo 1\Fuga por Sobrepresión

All flammable results are reported at the cloud centreline height

			Distance (m)	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Furthest Extent	6081,88	ppm	99,9586	64,2281
Furthest Extent	12163,8	ppm	77,8834	43,2652

			Heights (m) for above distances	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Furthest Extent	6081,88	ppm	0	0
Furthest Extent	12163,8	ppm	0	0

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810

Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Explosion Effects: Late Ignition

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.01 CASO MAS PROBABLE Nodo 1\Fuga por Sobrepresión

Explosion Model Used : Multi-Energy: Uniform confined

Explosion Location Criterion: Cloud front (LFL fraction)

All distances are measured from the Source

All flammable results are reported at the cloud centreline height

			Maximum Distance (m) at Overpressure Level	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Overpressure	0,5	psi	272,34	125,353
Overpressure	1	psi	188,554	95,3227
Overpressure	10,1526	psi	110,923	67,4991

Supplementary Data at 0,5 psi

			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Supplied Flammable Mass		kg	331,632	15,2687
Used Flammable Mass		kg	331,632	15,2687
Overpressure Radius		m	182,34	65,3526
Distance to:				
- Ignition Source		m	90	60
- Cloud Front/Centre		m	90	60
- Explosion Centre		m	90	60

Supplementary Data at 1 psi

			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Supplied Flammable Mass		kg	331,632	15,2687
Used Flammable Mass		kg	331,632	15,2687
Overpressure Radius		m	98,5536	35,3227
Distance to:				
- Ignition Source		m	90	60
- Cloud Front/Centre		m	90	60
- Explosion Centre		m	90	60

Supplementary Data at 10,1526 psi

			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Supplied Flammable Mass		kg	331,632	15,2687
Used Flammable Mass		kg	331,632	15,2687
Overpressure Radius		m	20,9233	7,49915
Distance to:				
- Ignition Source		m	90	60
- Cloud Front/Centre		m	90	60
- Explosion Centre		m	90	60

Overpressures (psi gauge) at Distances

			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Input Distances	10	m	0	0
Input Distances	20	m	0	0
Input Distances	30	m	0	0

Supplementary Data at 10 m

			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Supplied Flammable Mass		kg	2,2056	2,96942

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Used Flammable Mass	kg	2,2056	2,96942
---------------------	----	--------	---------

Supplementary Data at 20 m

CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C

Supplied Flammable Mass	kg	22,2332	8,80133
-------------------------	----	---------	---------

Used Flammable Mass	kg	22,2332	8,80133
---------------------	----	---------	---------

Supplementary Data at 30 m

CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C

Supplied Flammable Mass	kg	63,2813	13,3587
-------------------------	----	---------	---------

Used Flammable Mass	kg	63,2813	13,3587
---------------------	----	---------	---------

Weather Conditions

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.01 CASO MAS PROBABLE Nodo 1\Fuga por Sobrepresión

CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C

Wind Speed	m/s	1,5	5
Pasquill Stability		F	B/C
Atmospheric Temperature	degC	38	38
Surface Temperature	degC	38	38
Relative Humidity	fraction	0,98	0,98



Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la
Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)



Escenario 2

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810

Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11



Plataforma San Pedro 1 (SP1)



San Pedro 1 (SP1)

San Pedro 1 (SP1)\EI.02 CASO MAS PROBABLE\EI. 02 Venteo de gas amargo a la atmosfera con posible formación de nube tóxica con daño al personal y a la instalación derivado de la apertura del By-Pass de la PSV a la salida de los separadores MBF-201/203/203 por error humano

Base Case

CASE Name: Data

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.02 CASO MAS PROBABLE Nodo1\Venteo de Gas

User-Defined Data

Scenario

Direction

Outdoor release direction Horizontal impingement

Hole

Orifice diameter 15,24 mm
Use specified discharge coefficient? No

Release location

Elevation 1 m

Material

Material

[Material characteristics Toxic and flammable]
[Material to track HYDROGEN SULFIDE]

Phase

[Phase to be released Vapour]

Discharge parameters

Droplet breakup mechanism

[Droplet break-up mechanism - instantaneous Use flashing correlation]
[Droplet break-up mechanism - continuous Do not force correlation]

Model settings

[Atmospheric expansion method Closest to initial conditions]
[Is flashing allowed to the orifice? No flashing in the orifice]

Dispersion

Averaging time for reports

ERPG [1 hr] No
STEL [15 mins] Yes

Dispersion scope

Concentration of interest 100 ppm
Averaging time for concentration of interest IDLH

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Specify user-defined averaging time Yes
User defined averaging time 1800 s

Distances of interest

Distances of interest(1) 10 m
Distances of interest(2) 20 m
Distances of interest(3) 30 m

Bund, building and terrain: Default terrain

Dispersing surface

[Surface over which the dispersion occurs Land]
[Surface roughness length User-defined]
[User-defined length 183,156 mm]

Bund, building and terrain: No bund

Bund properties

[Bund height 0 m]
[Bund area (internal) 0 m2]
[Bund failure modeling Bund cannot fail]

Surface for pools

[Type of surface for pools Deep open water]

Bund, building and terrain

Building definition

[Specify a release building No]
[Building wake effect None]

Toxic parameters

Exposure time data

[Set averaging time equal to exposure time Use a fixed averaging time]

Indoor toxic calculations

[Specify the downwind building type Unselected]

Toxic contours

[Number of toxic levels 4]
[Dose levels(1) 130000]
[Dose levels(2) 1,3E+06]
[Dose levels(3) 1,3E+07]
[Dose levels(4) 1,3E+08]
[Probit levels(1) 2]
[Probit levels(2) 3]
[Probit levels(3) 4]
[Probit levels(4) 10]
[Lethality levels(1) 0,001 fraction]
[Lethality levels(2) 0,01 fraction]
[Lethality levels(3) 0,1 fraction]

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

[Lethality levels(4) 0,99 fraction]

Explosion parameters

Explosion method (Consequence calculations only)

[Explosion method Multi-Energy: Uniform confined]

Ignition

[Supply late ignition location No ignition location]

Vapour liquid method

[Use of explosion mass modification factor Early and late explosions]

[Explosion mass modification factor 3]

Fireball

Calculation method

[Fireball model Recommended]

Parameters

[Mass modification factor 3]

Radiation levels

[Number of input radiation levels 3]

[Intensity levels(1) 1,4 kW/m2]

[Intensity levels(2) 5 kW/m2]

[Intensity levels(3) 37,5 kW/m2]

Result types to calculate

[Calculate probit No]

[Calculate dose No]

[Calculate lethality No]

Jet fire

Cone model data

[Horizontal options Use standard method]

[Correlation Recommended]

Jet fire method

[Jet fire method Cone model]

Parameters

[Rate modification factor 3]

Radiation levels

[Number of input radiation levels 3]

[Intensity levels(1) 1,4 kW/m2]

[Intensity levels(2) 5 kW/m2]

[Intensity levels(3) 37,5 kW/m2]

Result types to calculate

[Calculate probit No]

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

[Calculate dose No]
[Calculate lethality No]

Surface emissive power

[Calculation method for surface emissive power Calculate SEP]

Pool fire

Parameters

[Radiative fraction for general fires 0,4 fraction]

Radiation levels

[Number of input radiation levels 3]
[Intensity levels(1) 4 kW/m2]
[Intensity levels(2) 12,5 kW/m2]
[Intensity levels(3) 37,5 kW/m2]

Result types to calculate

[Calculate probit No]
[Calculate dose No]
[Calculate lethality No]

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.02 CASO MAS PROBABLE Nodo1\Ventoe de Gas

DISCHARGE DATA for Weather: Weather folder\CATEGORIA 1.5/F

Wind Speed: 1,50 m/s
Wind Speed at Height (Calculated) 0,46 m/s
Pasquill Stability: F

USER-DEFINED QUANTITIES

Material CORRIENTE 5 GAS AMARGO
Scenario Leak
Inventory 217,00 kg
Fixed Duration n/a s

Stagnation data (data at upstream end for long pipe):

- Pressure 139,57 psi
- Temperature 70,00 degC
- Fluid State Pressurized gas

CALCULATED QUANTITIES

Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space only) n/a
Mass Flowrate 0,361505 kg/s
Release Duration 600,00 s

Orifice or pipe exit data (before atmospheric expansion):

- Pressure 80,65 psi
- Temperature 44,89 degC
- Vena Contracta Velocity (exit velocity for pipe releases) 277,19 m/s
- Discharge Coefficient 0,87

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Final data (after atmospheric expansion):

- Temperature	-7,09	degC
- Liquid Mass Fraction	0,00	fraction
- Droplet Diameter	0E+000	um
- Expanded Radius	0,01	m
- Velocity	477,53	m/s

DISCHARGE DATA for Weather:

Weather folder\CATEGORIA 5/B-C

Wind Speed:	5,00	m/s
Wind Speed at Height (Calculated)	3,76	m/s
Pasquill Stability:	B/C	

USER-DEFINED QUANTITIES

Material	CORRIENTE 5 GAS AMARGO
Scenario	Leak
Inventory	217,00 kg
Fixed Duration	n/a s

Stagnation data (data at upstream end for long pipe):

- Pressure	139,57	psi
- Temperature	70,00	degC
- Fluid State	Pressurized gas	

CALCULATED QUANTITIES

Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space only)	n/a	
Mass Flowrate	0,361505	kg/s
Release Duration	600,00	s

Orifice or pipe exit data (before atmospheric expansion):

- Pressure	80,65	psi
- Temperature	44,89	degC
- Vena Contracta Velocity (exit velocity for pipe releases)	277,19	m/s
- Discharge Coefficient	0,87	

Final data (after atmospheric expansion):

- Temperature	-7,09	degC
- Liquid Mass Fraction	0,00	fraction
- Droplet Diameter	0E+000	um
- Expanded Radius	0,01	m
- Velocity	477,53	m/s

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Consequence Results

Distance to Concentration Results

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.02 CASO MAS PROBABLE Nodo1\Ventoe de Gas

The height for user defined concentrations is the user defined height 0 m

All toxic results are reported at the toxic effect height 0 m

All flammable results are reported at the cloud centreline height

Concentration(ppm)	Averaging Time		Distance (m)	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
User Conc (100)	1800	s	76,7531	33,9707
UFL (140101)	18,75	s	1,48399	1,3741
LFL (27581,8)	18,75	s	6,68195	4,83244
LFL Frac (13790,9)	18,75	s	14,065	7,08816
STEL (15)	900	s	No Hazard	No Hazard
IDLH (100)	1800	s	76,7531	33,9707

Concentration(ppm)	Averaging Time		Heights (m) for above distances	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
User Conc (100)	1800	s	0	0
UFL (140101)	18,75	s	1,00678	0,99953
LFL (27581,8)	18,75	s	0,982127	1,07151
LFL Frac (13790,9)	18,75	s	0,937016	1,1316
STEL (15)	900	s	0	0
IDLH (100)	1800	s	0	0

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Concentration At Distance Results

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.02 CASO MAS PROBABLE Nodo1\Ventoe de Gas

The height for user defined concentrations is the user defined height 0 m

All toxic results are reported at the toxic effect height 0 m

All flammable results are reported at the cloud centreline height

Distance		Conc.(ppm) at Flammable Avg.Time of 18,75 s	
		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
10	m	659,645	342,139
20	m	395,384	199,002
30	m	301,323	141,355

Distance		Heights (m) for above concentrations	
		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
10	m	0,884439	0,958724
20	m	0,610271	0,917983
30	m	0,125025	0,883263

Distance		Conc.(ppm) at Toxic Avg.Time of 600 s	
		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
10	m	428,245	210,495
20	m	363,107	153,773
30	m	300,866	116,937

Distance		Heights (m) for above concentrations	
		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
10	m	0	0
20	m	0	0
30	m	0	0

Distance		Conc.(ppm) at User-defined Avg.Time of 1800 s	
		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
10	m	428,245	210,495
20	m	363,107	153,773
30	m	300,866	116,937

Distance		Heights (m) for above concentrations	
		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
10	m	0	0
20	m	0	0
30	m	0	0

Distance		Conc.(ppm) at IDLH Avg.Time of 1800 s	
		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
10	m	428,245	210,495
20	m	363,107	153,773
30	m	300,866	116,937

Distance		Heights (m) for above concentrations	
		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
10	m	0	0
20	m	0	0

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810

Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11



30	m	0	0
Distance		Conc.(ppm) at STEL Avg.Time of 900 s	
		CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	428,245	210,495
20	m	363,107	153,773
30	m	300,866	116,937
Distance		Heights (m) for above concentrations	
		CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	0	0
20	m	0	0
30	m	0	0
Distance		Conc.(ppm) at Core Avg.Time of 18,75 s	
		CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	428,245	210,495
20	m	363,107	153,773
30	m	300,866	116,937
Distance		Heights (m) for above concentrations	
		CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	0	0
20	m	0	0
30	m	0	0

Jet Fire Hazard

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.02 CASO MAS PROBABLE Nodo1\Ventoe de Gas

Jet fire method used: Cone model - Recommended

		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Jet Fire Status		Hazard	Hazard
Flame Direction		Horizontal	Horizontal

Radiation Effects: Jet Fire Ellipse

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.02 CASO MAS PROBABLE Nodo1\Ventoe de Gas

This table gives the distances to the specified radiation levels for each jet fire listed in the above hazard table

			Distance (m)
		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Radiation Level	1,4	kW/m2	6,2232 5,72296
Radiation Level	5	kW/m2	3,26691 3,15519
Radiation Level	37,5	kW/m2	Not Reached Not Reached

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Radiation Effects: Jet Fire Distance

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.02 CASO MAS PROBABLE Nodo1\Ventoe de Gas

				Radiation Level (kW/m2)
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Distance Of Interest	10	m	2,28322	1,91639
Distance Of Interest	20	m	0,116592	0,0850881
Distance Of Interest	30	m	0,0331854	0,0237268

Flash Fire Envelope

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.02 CASO MAS PROBABLE Nodo1\Ventoe de Gas

All flammable results are reported at the cloud centreline height

				Distance (m)
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Furthest Extent	13790,9	ppm	14,065	7,08816
Furthest Extent	27581,8	ppm	6,68195	4,83244

				Heights (m) for above distances
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Furthest Extent	13790,9	ppm	0,937016	1,1316
Furthest Extent	27581,8	ppm	0,982127	1,07151

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Explosion Effects: Late Ignition

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.02 CASO MAS PROBABLE Nodo1\Venteo de Gas

Explosion Model Used : Multi-Energy: Uniform confined

Explosion Location Criterion: Cloud front (LFL fraction)

All distances are measured from the Source

All flammable results are reported at the cloud centreline height

			Maximum Distance (m) at Overpressure Level
Overpressure	0,5	psi	CATEGORIA 1.5/CATEGORIA 5/B-C 21,8781
Overpressure	1	psi	16,4201
Overpressure	10,1526	psi	11,363

Supplementary Data at 0,5 psi

CATEGORIA 1.5/CATEGORIA 5/B-C

Supplied Flammable Mass	kg	0,096206
Used Flammable Mass	kg	0,096206
Overpressure Radius	m	11,8781
Distance to:		
- Ignition Source	m	10
- Cloud Front/Centre	m	10
- Explosion Centre	m	10

Supplementary Data at 1 psi

CATEGORIA 1.5/CATEGORIA 5/B-C

Supplied Flammable Mass	kg	0,096206
Used Flammable Mass	kg	0,096206
Overpressure Radius	m	6,42007
Distance to:		
- Ignition Source	m	10
- Cloud Front/Centre	m	10
- Explosion Centre	m	10

Supplementary Data at 10,1526 psi

CATEGORIA 1.5/CATEGORIA 5/B-C

Supplied Flammable Mass	kg	0,096206
Used Flammable Mass	kg	0,096206
Overpressure Radius	m	1,363
Distance to:		
- Ignition Source	m	10
- Cloud Front/Centre	m	10
- Explosion Centre	m	10

Overpressures (psi gauge) at Distances

CATEGORIA 1.5/CATEGORIA 5/B-C

Input Distances	10	m	0
Input Distances	20	m	0
Input Distances	30	m	0

Supplementary Data at 10 m

CATEGORIA 1.5/CATEGORIA 5/B-C

Supplied Flammable Mass	kg	0,096206
-------------------------	----	----------

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Used Flammable Mass	kg	0,096206	
			Supplementary Data at 20 m
			CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C
Supplied Flammable Mass	kg	0,096206	
Used Flammable Mass	kg	0,096206	
			Supplementary Data at 30 m
			CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C
Supplied Flammable Mass	kg	0,096206	
Used Flammable Mass	kg	0,096206	

Weather Conditions

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.02 CASO MAS PROBABLE Nodo1\Ventoe de Gas

			CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C
Wind Speed	m/s	1,5	5
Pasquill Stability		F	B/C
Atmospheric Temperature	degC	38	38
Surface Temperature	degC	38	38
Relative Humidity	fraction	0,98	0,98



Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la
Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)



Escenario 3

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11



Plataforma San Pedro 1 (SP1)



San Pedro 1 (SP1)

San Pedro 1 (SP1)\EI.03 CASO MAS PROBABLE EI.03.-Fuga o Pérdida de contención de gas amargo por falla de material de uniones bridadas en línea de gas amargo 8"-P-131-C-D02T1 a la salida del separador FA-100, con formación de nube tóxica, que al encontrar una fuente de ignición se produce incendio y/o explosión con daño al personal, al medio ambiente y a las instalaciones.

Base Case

CASE Name: Data

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.03 CASO MAS PROBABLE Nodo 2\Fuga por Sobrepresión

User-Defined Data

Scenario

Direction

Outdoor release direction Horizontal impingement

Hole

Orifice diameter 19,05 mm
Use specified discharge coefficient? No

Release location

Elevation 1 m

Material

Material

[Material characteristics Toxic and flammable]
[Material to track HYDROGEN SULFIDE]

Phase

[Phase to be released Vapour]

Discharge parameters

Droplet breakup mechanism

[Droplet break-up mechanism - instantaneous Use flashing correlation]
[Droplet break-up mechanism - continuous Do not force correlation]

Model settings

[Atmospheric expansion method Closest to initial conditions]
[Is flashing allowed to the orifice? No flashing in the orifice]

Dispersion

Averaging time for reports

ERPG [1 hr] No
STEL [15 mins] Yes

Dispersion scope

Concentration of interest 100 ppm

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Averaging time for concentration of interest	IDLH
Specify user-defined averaging time	Yes
User defined averaging time	1800 s

Distances of interest

[Distances of interest(1)	10 m]
[Distances of interest(2)	20 m]
[Distances of interest(3)	30 m]

Bund, building and terrain: Default terrain

Dispersing surface

[Surface over which the dispersion occurs	Land]
[Surface roughness length	User-defined]
[User-defined length	183,156 mm]

Bund, building and terrain: No bund

Bund properties

[Bund height	0 m]
[Bund area (internal)	0 m2]
[Bund failure modeling	Bund cannot fail]

Surface for pools

[Type of surface for pools	Deep open water]
----------------------------	------------------

Bund, building and terrain

Building definition

[Specify a release building	No]
[Building wake effect	None]

Toxic parameters

Exposure time data

[Set averaging time equal to exposure time	Use a fixed averaging time]
--	-----------------------------

Indoor toxic calculations

[Specify the downwind building type	Unselected]
-------------------------------------	-------------

Toxic contours

[Number of toxic levels	4]
[Dose levels(1)	130000]
[Dose levels(2)	1,3E+06]
[Dose levels(3)	1,3E+07]
[Dose levels(4)	1,3E+08]
[Probit levels(1)	2]
[Probit levels(2)	3]
[Probit levels(3)	4]
[Probit levels(4)	10]
[Lethality levels(1)	0,001 fraction]
[Lethality levels(2)	0,01 fraction]

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810

Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11



[Lethality levels(3) 0,1 fraction]
[Lethality levels(4) 0,99 fraction]

Explosion parameters

Explosion method (Consequence calculations only)

[Explosion method Multi-Energy: Uniform confined]

Ignition

[Supply late ignition location No ignition location]

Vapour liquid method

[Use of explosion mass modification factor Early and late explosions]

[Explosion mass modification factor 3]

Fireball

Calculation method

[Fireball model Recommended]

Parameters

[Mass modification factor 3]

Radiation levels

[Number of input radiation levels 3]

[Intensity levels(1) 1,4 kW/m2]

[Intensity levels(2) 5 kW/m2]

[Intensity levels(3) 37,5 kW/m2]

Result types to calculate

[Calculate probit No]

[Calculate dose No]

[Calculate lethality No]

Jet fire

Cone model data

[Horizontal options Use standard method]

[Correlation Recommended]

Jet fire method

[Jet fire method Cone model]

Parameters

[Rate modification factor 3]

Radiation levels

[Number of input radiation levels 3]

[Intensity levels(1) 1,4 kW/m2]

[Intensity levels(2) 5 kW/m2]

[Intensity levels(3) 37,5 kW/m2]

Result types to calculate

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

[Calculate probit]	No]
[Calculate dose]	No]
[Calculate lethality]	No]

Surface emissive power

[Calculation method for surface emissive power]	Calculate SEP]
---	----------------

Pool fire

Parameters

[Radiative fraction for general fires]	0,4 fraction]
--	---------------

Radiation levels

[Number of input radiation levels]	3]
[Intensity levels(1)]	1,4 kW/m2]
[Intensity levels(2)]	5 kW/m2]
[Intensity levels(3)]	37,5 kW/m2]

Result types to calculate

[Calculate probit]	No]
[Calculate dose]	No]
[Calculate lethality]	No]

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.03 CASO MAS PROBABLE Nodo 2\Fuga por Sobrepresión

DISCHARGE DATA for Weather:

Weather folder\CATEGORIA 1.5/F

Wind Speed:	1,50 m/s
Wind Speed at Height (Calculated)	0,46 m/s
Pasquill Stability:	F

USER-DEFINED QUANTITIES

Material	CORRIENTE 5 GAS AMARGO
Scenario	Leak
Inventory	3.942,42 kg
Fixed Duration	n/a s

Stagnation data (data at upstream end for long pipe):

- Pressure	139,57 psi
- Temperature	70,00 degC
- Fluid State	Pressurized gas

CALCULATED QUANTITIES

Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space only)	n/a
Mass Flowrate	0,564853 kg/s
Release Duration	600,00 s
Orifice or pipe exit data (before atmospheric expansion):	
- Pressure	80,65 psi
- Temperature	44,89 degC
- Vena Contracta Velocity (exit velocity for pipe releases)	277,19 m/s

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

- Discharge Coefficient 0,87

Final data (after atmospheric expansion):

- Temperature -7,09 degC
- Liquid Mass Fraction 0,00 fraction
- Droplet Diameter 0E+000 um
- Expanded Radius 0,01 m
- Velocity 477,53 m/s

DISCHARGE DATA for Weather:

Weather folder\CATEGORIA 5/B-C

Wind Speed: 5,00 m/s
Wind Speed at Height (Calculated) 3,76 m/s
Pasquill Stability: B/C

USER-DEFINED QUANTITIES

Material CORRIENTE 5 GAS AMARGO
Scenario Leak
Inventory 3.942,42 kg
Fixed Duration n/a s

Stagnation data (data at upstream end for long pipe):

- Pressure 139,57 psi
- Temperature 70,00 degC
- Fluid State Pressurized gas

CALCULATED QUANTITIES

Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space only) n/a
Mass Flowrate 0,564853 kg/s
Release Duration 600,00 s

Orifice or pipe exit data (before atmospheric expansion):

- Pressure 80,65 psi
- Temperature 44,89 degC
- Vena Contracta Velocity (exit velocity for pipe releases) 277,19 m/s
- Discharge Coefficient 0,87

Final data (after atmospheric expansion):

- Temperature -7,09 degC
- Liquid Mass Fraction 0,00 fraction
- Droplet Diameter 0E+000 um
- Expanded Radius 0,01 m
- Velocity 477,53 m/s

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Consequence Results

Distance to Concentration Results

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.03 CASO MAS PROBABLE Nodo 2\Fuga por Sobrepresión

The height for user defined concentrations is the user defined height 0 m

All toxic results are reported at the toxic effect height 0 m

All flammable results are reported at the cloud centreline height

Concentration(ppm)	Averaging Time		Distance (m)	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
User Conc (100)	1800	s	96,1245	48,979
UFL (140101)	18,75	s	1,84925	1,69563
LFL (27581,8)	18,75	s	8,37439	5,81843
LFL Frac (13790,9)	18,75	s	20,1009	9,59332
STEL (15)	900	s	No Hazard	No Hazard
IDLH (100)	1800	s	96,1245	48,979

Concentration(ppm)	Averaging Time		Heights (m) for above distances	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
User Conc (100)	1800	s	0	0
UFL (140101)	18,75	s	1,02096	0,999287
LFL (27581,8)	18,75	s	1,10162	1,00028
LFL Frac (13790,9)	18,75	s	0,764609	1,12583
STEL (15)	900	s	0	0
IDLH (100)	1800	s	0	0

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Concentration At Distance Results

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.03 CASO MAS PROBABLE Nodo 2\Fuga por Sobrepresión

The height for user defined concentrations is the user defined height 0 m

All toxic results are reported at the toxic effect height 0 m

All flammable results are reported at the cloud centreline height

Distance		Conc.(ppm) at Flammable Avg.Time of 18,75 s CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	858,926	488,764
20	m	508,815	290,739
30	m	384,966	210,17

Distance		Heights (m) for above concentrations CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	0,902883	0,958069
20	m	0,673581	0,911805
30	m	0,257076	0,86986

Distance		Conc.(ppm) at Toxic Avg.Time of 600 s CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	542,568	300,356
20	m	461,155	223,673
30	m	382,305	172,847

Distance		Heights (m) for above concentrations CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	0	0
20	m	0	0
30	m	0	0

Distance		Conc.(ppm) at User-defined Avg.Time of 1800 s CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	542,568	300,356
20	m	461,155	223,673
30	m	382,305	172,847

Distance		Heights (m) for above concentrations CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	0	0
20	m	0	0
30	m	0	0

Distance		Conc.(ppm) at IDLH Avg.Time of 1800 s CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	542,568	300,356
20	m	461,155	223,673
30	m	382,305	172,847

Distance		Heights (m) for above concentrations CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	0	0
20	m	0	0

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810

Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11



30	m	0	0
Distance		Conc.(ppm) at STEL Avg.Time of 900 s	
		CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	542,568	300,356
20	m	461,155	223,673
30	m	382,305	172,847
Distance		Heights (m) for above concentrations	
		CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	0	0
20	m	0	0
30	m	0	0
Distance		Conc.(ppm) at Core Avg.Time of 18,75 s	
		CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	542,568	300,356
20	m	461,155	223,673
30	m	382,305	172,847
Distance		Heights (m) for above concentrations	
		CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	0	0
20	m	0	0
30	m	0	0

Jet Fire Hazard

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.03 CASO MAS PROBABLE Nodo 2\Fuga por Sobrepresión

Jet fire method used: Cone model - Recommended

		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Jet Fire Status		Hazard	Hazard
Flame Direction		Horizontal	Horizontal

Radiation Effects: Jet Fire Ellipse

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.03 CASO MAS PROBABLE Nodo 2\Fuga por Sobrepresión

This table gives the distances to the specified radiation levels for each jet fire listed in the above hazard table

			Distance (m)	
			CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
Radiation Level	1,4	kW/m2	8,60865	8,09174
Radiation Level	5	kW/m2	4,54908	4,49691
Radiation Level	37,5	kW/m2	Not Reached	Not Reached

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810

Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11



Radiation Effects: Jet Fire Distance

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.03 CASO MAS PROBABLE Nodo 2\Fuga por Sobrepresión

			Radiation Level (kW/m2)	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Distance Of Interest	10	m	7,88787	7,94054
Distance Of Interest	20	m	0,31238	0,242616
Distance Of Interest	30	m	0,0795805	0,0593786

Flash Fire Envelope

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.03 CASO MAS PROBABLE Nodo 2\Fuga por Sobrepresión

All flammable results are reported at the cloud centreline height

			Distance (m)	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Furthest Extent	13790,9	ppm	20,1009	9,59332
Furthest Extent	27581,8	ppm	8,37439	5,81843

			Heights (m) for above distances	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Furthest Extent	13790,9	ppm	0,764609	1,12583
Furthest Extent	27581,8	ppm	1,10162	1,00028

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810

Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11



Explosion Effects: Late Ignition

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.03 CASO MAS PROBABLE Nodo 2\Fuga por Sobrepresión

Explosion Model Used : Multi-Energy: Uniform confined

Explosion Location Criterion: Cloud front (LFL fraction)

All distances are measured from the Source

All flammable results are reported at the cloud centreline height

			Maximum Distance (m) at Overpressure Level
			CATEGORIA 1.3/CATEGORIA 5/B-C
Overpressure	0,5	psi	34,8682
Overpressure	1	psi	28,0362
Overpressure	10,1526	psi	21,7061

Supplementary Data at 0,5 psi

CATEGORIA 1.3/CATEGORIA 5/B-C

Supplied Flammable Mass	kg	0,188684
Used Flammable Mass	kg	0,188684
Overpressure Radius	m	14,8682
Distance to:		
- Ignition Source	m	20
- Cloud Front/Centre	m	20
- Explosion Centre	m	20

Supplementary Data at 1 psi

CATEGORIA 1.3/CATEGORIA 5/B-C

Supplied Flammable Mass	kg	0,188684
Used Flammable Mass	kg	0,188684
Overpressure Radius	m	8,0362
Distance to:		
- Ignition Source	m	20
- Cloud Front/Centre	m	20
- Explosion Centre	m	20

Supplementary Data at 10,1526 psi

CATEGORIA 1.3/CATEGORIA 5/B-C

Supplied Flammable Mass	kg	0,188684
Used Flammable Mass	kg	0,188684
Overpressure Radius	m	1,70611
Distance to:		
- Ignition Source	m	20
- Cloud Front/Centre	m	20
- Explosion Centre	m	20

Overpressures (psi gauge) at Distances

CATEGORIA 1.3/CATEGORIA 5/B-C

Input Distances	10	m	0
Input Distances	20	m	0
Input Distances	30	m	0

Supplementary Data at 10 m

CATEGORIA 1.3/CATEGORIA 5/B-C

Supplied Flammable Mass	kg	0,188684
-------------------------	----	----------

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Used Flammable Mass kg 0,188684

Supplementary Data at 20 m
CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C

Supplied Flammable Mass kg 0,188684

Used Flammable Mass kg 0,188684

Supplementary Data at 30 m
CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C

Supplied Flammable Mass kg 0,188684

Used Flammable Mass kg 0,188684

Weather Conditions

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.03 CASO MAS PROBABLE Nodo 2\Fuga por Sobrepresión

CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C

Wind Speed	m/s	1,5	5
Pasquill Stability		F	B/C
Atmospheric Temperature	degC	38	38
Surface Temperature	degC	38	38
Relative Humidity	fraction	0,98	0,98



Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la
Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)



Escenario 4

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810

Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11



Plataforma San Pedro 1 (SP1)



San Pedro 1 (SP1)

San Pedro 1 (SP1)\EI.04 PEOR MAS PROBABLEI.04.-Fuga de Gas amargo en uniones bridadas debido a una sobrepresión en línea de descarga del compresor, con posible formación de nube toxica, incendio, explosión con daño al personal, medio ambiente y a las instalaciones debido al cierre de la válvula manual BF-30201 por error humano

Base Case

CASE Name: Data

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.04 PEOR MAS PROBABLE Nodo 3\Fuga por Sobrepresión

User-Defined Data

Scenario

Direction

Outdoor release direction Horizontal impingement

Hole

Orifice diameter 15,24 mm
Use specified discharge coefficient? No

Release location

Elevation 1 m

Material

Material

[Material characteristics Toxic and flammable]
[Material to track HYDROGEN SULFIDE]

Phase

[Phase to be released Vapour]

Discharge parameters

Droplet breakup mechanism

[Droplet break-up mechanism - instantaneous Use flashing correlation]
[Droplet break-up mechanism - continuous Do not force correlation]

Model settings

[Atmospheric expansion method Closest to initial conditions]
[Is flashing allowed to the orifice? No flashing in the orifice]

Dispersion

Averaging time for reports

ERPG [1 hr] No
STEL [15 mins] Yes

Dispersion scope

Concentration of interest 100 ppm
Averaging time for concentration of interest IDLH

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Specify user-defined averaging time Yes
User defined averaging time 1800 s

Distances of interest

[Distances of interest(1) 10 m]
[Distances of interest(2) 20 m]
[Distances of interest(3) 30 m]

Bund, building and terrain: Default terrain

Dispersing surface

[Surface over which the dispersion occurs Land]
[Surface roughness length User-defined]
[User-defined length 183,156 mm]

Bund, building and terrain: No bund

Bund properties

[Bund height 0 m]
[Bund area (internal) 0 m2]
[Bund failure modeling Bund cannot fail]

Surface for pools

[Type of surface for pools Deep open water]

Bund, building and terrain

Building definition

[Specify a release building No]
[Building wake effect None]

Toxic parameters

Exposure time data

[Set averaging time equal to exposure time Use a fixed averaging time]

Indoor toxic calculations

[Specify the downwind building type Unselected]

Toxic contours

[Number of toxic levels 4]
[Dose levels(1) 130000]
[Dose levels(2) 1,3E+06]
[Dose levels(3) 1,3E+07]
[Dose levels(4) 1,3E+08]
[Probit levels(1) 2]
[Probit levels(2) 3]
[Probit levels(3) 4]
[Probit levels(4) 10]
[Lethality levels(1) 0,001 fraction]
[Lethality levels(2) 0,01 fraction]
[Lethality levels(3) 0,1 fraction]

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

[Lethality levels(4) 0,99 fraction]

Explosion parameters

Explosion method (Consequence calculations only)

[Explosion method Multi-Energy: Uniform confined]

Ignition

[Supply late ignition location No ignition location]

Vapour liquid method

[Use of explosion mass modification factor Early and late explosions]

[Explosion mass modification factor 3]

Fireball

Calculation method

[Fireball model Recommended]

Parameters

[Mass modification factor 3]

Radiation levels

[Number of input radiation levels 3]

[Intensity levels(1) 1,4 kW/m2]

[Intensity levels(2) 5 kW/m2]

[Intensity levels(3) 37,5 kW/m2]

Result types to calculate

[Calculate probit No]

[Calculate dose No]

[Calculate lethality No]

Jet fire

Cone model data

[Horizontal options Use standard method]

[Correlation Recommended]

Jet fire method

[Jet fire method Cone model]

Parameters

[Rate modification factor 3]

Radiation levels

[Number of input radiation levels 3]

[Intensity levels(1) 1,4 kW/m2]

[Intensity levels(2) 5 kW/m2]

[Intensity levels(3) 37,5 kW/m2]

Result types to calculate

[Calculate probit No]

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

[Calculate dose No]
[Calculate lethality No]

Surface emissive power

[Calculation method for surface emissive power Calculate SEP]

Pool fire

Parameters

[Radiative fraction for general fires 0,4 fraction]

Radiation levels

[Number of input radiation levels 3]
[Intensity levels(1) 1,4 kW/m2]
[Intensity levels(2) 5 kW/m2]
[Intensity levels(3) 37,5 kW/m2]

Result types to calculate

[Calculate probit No]
[Calculate dose No]
[Calculate lethality No]

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.04 PEOR MAS PROBABLE Nodo 3\Fuga por Sobrepresión

DISCHARGE DATA for Weather: Weather folder\CATEGORIA 1.5/F

Wind Speed: 1,50 m/s
Wind Speed at Height (Calculated) 0,46 m/s
Pasquill Stability: F

USER-DEFINED QUANTITIES

Material CORRIENTE 5 GAS AMARGO
Scenario Leak
Inventory 1.951,62 kg
Fixed Duration n/a s

Stagnation data (data at upstream end for long pipe):

- Pressure 934,53 psi
- Temperature 70,00 degC
- Fluid State Pressurized gas

CALCULATED QUANTITIES

Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space only) n/a
Mass Flowrate 3,25279 kg/s
Release Duration 599,98 s

Orifice or pipe exit data (before atmospheric expansion):

- Pressure 563,32 psi
- Temperature 36,48 degC
- Vena Contracta Velocity (exit velocity for pipe releases) 200,69 m/s
- Discharge Coefficient 0,89

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Final data (after atmospheric expansion):

- Temperature	-69,20	degC
- Liquid Mass Fraction	0,00	fraction
- Droplet Diameter	0E+000	um
- Expanded Radius	0,03	m
- Velocity	388,84	m/s

DISCHARGE DATA for Weather:

Weather folder\CATEGORIA 5/B-C

Wind Speed:	5,00	m/s
Wind Speed at Height (Calculated)	3,76	m/s
Pasquill Stability:	B/C	

USER-DEFINED QUANTITIES

Material	CORRIENTE 5 GAS AMARGO
Scenario	Leak
Inventory	1.951,62 kg
Fixed Duration	n/a s

Stagnation data (data at upstream end for long pipe):

- Pressure	934,53	psi
- Temperature	70,00	degC
- Fluid State	Pressurized gas	

CALCULATED QUANTITIES

Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space only)	n/a	
Mass Flowrate	3,25279	kg/s
Release Duration	599,98	s

Orifice or pipe exit data (before atmospheric expansion):

- Pressure	563,32	psi
- Temperature	36,48	degC
- Vena Contracta Velocity (exit velocity for pipe releases)	200,69	m/s
- Discharge Coefficient	0,89	

Final data (after atmospheric expansion):

- Temperature	-69,20	degC
- Liquid Mass Fraction	0,00	fraction
- Droplet Diameter	0E+000	um
- Expanded Radius	0,03	m
- Velocity	388,84	m/s

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Consequence Results

Distance to Concentration Results

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.04 PEOR MAS PROBABLE Nodo 3\Fuga por Sobrepresión

The height for user defined concentrations is the user defined height 0 m

All toxic results are reported at the toxic effect height 0 m

All flammable results are reported at the cloud centreline height

Concentration(ppm)	Averaging Time		Distance (m)	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
User Conc (100)	1800	s	208,839	123,223
UFL (140101)	18,75	s	4,93678	4,24536
LFL (27581,8)	18,75	s	32,6541	22,7636
LFL Frac (13790,9)	18,75	s	90,8183	56,2308
STEL (15)	900	s	No Hazard	No Hazard
IDLH (100)	1800	s	208,839	123,223

Concentration(ppm)	Averaging Time		Heights (m) for above distances	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
User Conc (100)	1800	s	0	0
UFL (140101)	18,75	s	1,03757	1,04907
LFL (27581,8)	18,75	s	0,570279	1,03389
LFL Frac (13790,9)	18,75	s	0	0,755599
STEL (15)	900	s	0	0
IDLH (100)	1800	s	0	0

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Concentration At Distance Results

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.04 PEOR MAS PROBABLE Nodo 3\Fuga por Sobrepresión

The height for user defined concentrations is the user defined height 0 m

All toxic results are reported at the toxic effect height 0 m

All flammable results are reported at the cloud centreline height

Distance		Conc.(ppm) at Flammable Avg.Time of 18,75 s CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	2522,64	1846,68
20	m	1453,52	1104,94
30	m	1076,96	842,004

Distance		Heights (m) for above concentrations CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	0,918808	0,944963
20	m	0,743832	0,869419
30	m	0,412834	0,787983

Distance		Conc.(ppm) at Toxic Avg.Time of 600 s CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	1454,72	1133,1
20	m	1309,52	873,274
30	m	1058,91	706,253

Distance		Heights (m) for above concentrations CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	0	0
20	m	0	0
30	m	0	0

Distance		Conc.(ppm) at User-defined Avg.Time of 1800 s CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	1454,72	1133,1
20	m	1309,52	873,274
30	m	1058,91	706,253

Distance		Heights (m) for above concentrations CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	0	0
20	m	0	0
30	m	0	0

Distance		Conc.(ppm) at IDLH Avg.Time of 1800 s CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	1454,72	1133,1
20	m	1309,52	873,274
30	m	1058,91	706,253

Distance		Heights (m) for above concentrations CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	0	0
20	m	0	0

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

30	m	0	0
Distance		Conc.(ppm) at STEL Avg.Time of 900 s	
		CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	1454,72	1133,1
20	m	1309,52	873,274
30	m	1058,91	706,253
Distance		Heights (m) for above concentrations	
		CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	0	0
20	m	0	0
30	m	0	0
Distance		Conc.(ppm) at Core Avg.Time of 18,75 s	
		CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	1454,72	1133,1
20	m	1309,52	873,274
30	m	1058,91	706,253
Distance		Heights (m) for above concentrations	
		CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	0	0
20	m	0	0
30	m	0	0

Jet Fire Hazard

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.04 PEOR MAS PROBABLE Nodo 3\Fuga por Sobrepresión

Jet fire method used: Cone model - Recommended

		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Jet Fire Status		Hazard	Hazard
Flame Direction		Horizontal	Horizontal

Radiation Effects: Jet Fire Ellipse

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.04 PEOR MAS PROBABLE Nodo 3\Fuga por Sobrepresión

This table gives the distances to the specified radiation levels for each jet fire listed in the above hazard table

			Distance (m)
		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Radiation Level	1,4	kW/m2	28,7421 28,4338
Radiation Level	5	kW/m2	15,2172 14,9307
Radiation Level	37,5	kW/m2	6,32764 8,12203

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Radiation Effects: Jet Fire Distance

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.04 PEOR MAS PROBABLE Nodo 3\Fuga por Sobrepresión

			Radiation Level (kW/m2)	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Distance Of Interest	10	m	50,9197	56,2634
Distance Of Interest	20	m	28,6019	42,6089
Distance Of Interest	30	m	4,45363	5,35174

Flash Fire Envelope

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.04 PEOR MAS PROBABLE Nodo 3\Fuga por Sobrepresión

All flammable results are reported at the cloud centreline height

			Distance (m)	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Furthest Extent	13790,9	ppm	90,8183	56,2308
Furthest Extent	27581,8	ppm	32,6541	22,7636

			Heights (m) for above distances	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Furthest Extent	13790,9	ppm	0	0,755599
Furthest Extent	27581,8	ppm	0,570279	1,03389

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810

Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Explosion Effects: Late Ignition

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.04 PEOR MAS PROBABLE Nodo 3\Fuga por Sobrepresión

Explosion Model Used : Multi-Energy: Uniform confined

Explosion Location Criterion: Cloud front (LFL fraction)

All distances are measured from the Source

All flammable results are reported at the cloud centreline height

			Maximum Distance (m) at Overpressure Level	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Overpressure	0,5	psi	139,19	84,7337
Overpressure	1	psi	116,587	68,7734
Overpressure	10,1526	psi	95,6445	53,9857

			Supplementary Data at 0,5 psi	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Supplied Flammable Mass		kg	6,83267	2,40553
Used Flammable Mass		kg	6,83267	2,40553
Overpressure Radius		m	49,1901	34,7337
Distance to:				
- Ignition Source		m	90	50
- Cloud Front/Centre		m	90	50
- Explosion Centre		m	90	50

			Supplementary Data at 1 psi	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Supplied Flammable Mass		kg	6,83267	2,40553
Used Flammable Mass		kg	6,83267	2,40553
Overpressure Radius		m	26,587	18,7734
Distance to:				
- Ignition Source		m	90	50
- Cloud Front/Centre		m	90	50
- Explosion Centre		m	90	50

			Supplementary Data at 10,1526 psi	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Supplied Flammable Mass		kg	6,83267	2,40553
Used Flammable Mass		kg	6,83267	2,40553
Overpressure Radius		m	5,64452	3,98566
Distance to:				
- Ignition Source		m	90	50
- Cloud Front/Centre		m	90	50
- Explosion Centre		m	90	50

			Overpressures (psi gauge) at Distances	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Input Distances	10	m	0	0
Input Distances	20	m	0	0
Input Distances	30	m	0	0

			Supplementary Data at 10 m	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Supplied Flammable Mass		kg	1,31058	1,13025

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Used Flammable Mass	kg	1,31058	1,13025
---------------------	----	---------	---------

Supplementary Data at 20 m
CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C

Supplied Flammable Mass	kg	4,26684	2,30123
-------------------------	----	---------	---------

Used Flammable Mass	kg	4,26684	2,30123
---------------------	----	---------	---------

Supplementary Data at 30 m
CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C

Supplied Flammable Mass	kg	6,48733	2,40553
-------------------------	----	---------	---------

Used Flammable Mass	kg	6,48733	2,40553
---------------------	----	---------	---------

Weather Conditions

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.04 PEOR MAS PROBABLE Nodo 3\Fuga por Sobrepresión

CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C

Wind Speed	m/s	1,5	5
Pasquill Stability		F	B/C
Atmospheric Temperature	degC	38	38
Surface Temperature	degC	38	38
Relative Humidity	fraction	0,98	0,98



Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la
Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)



Escenario 5

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 130.874

Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11



Plataforma San Pedro 1 (SP1)



San Pedro 1 (SP1)

San Pedro 1 (SP1)\EI.05 CASO MAS PROBABLE

Base Case

CASE Name: Data

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.05 CASO MAS PROBABLE Nodo 4\Venteo de gas amargo

User-Defined Data

Scenario

Direction

[Outdoor release direction Horizontal]

Hole

Orifice diameter 152,4 mm

Use specified discharge coefficient? No

Release location

Elevation 3,5 m

Material

Material

[Material characteristics Toxic and flammable]

[Material to track HYDROGEN SULFIDE]

Phase

[Phase to be released Vapour]

Discharge parameters

Droplet breakup mechanism

[Droplet break-up mechanism - instantaneous Use flashing correlation]

[Droplet break-up mechanism - continuous Do not force correlation]

Model settings

[Atmospheric expansion method Closest to initial conditions]

[Is flashing allowed to the orifice? No flashing in the orifice]

Dispersion

Averaging time for reports

ERPG [1 hr] No

STEL [15 mins] Yes

Dispersion scope

Concentration of interest 100 ppm

Averaging time for concentration of interest IDLH

Specify user-defined averaging time No

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 130.874



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Bund, building and terrain: Default terrain

Dispersing surface

[Surface over which the dispersion occurs	Land]
[Surface roughness length	User-defined]
[User-defined length	183,156 mm]

Bund, building and terrain: No bund

Bund properties

[Bund height	0 m]
[Bund area (internal)	0 m2]
[Bund failure modeling	Bund cannot fail]

Surface for pools

[Type of surface for pools	Deep open water]
----------------------------	------------------

Bund, building and terrain

Building definition

[Specify a release building	No]
[Building wake effect	None]

Toxic parameters

Exposure time data

[Set averaging time equal to exposure time	Use a fixed averaging time]
--	-----------------------------

Indoor toxic calculations

[Specify the downwind building type	Unselected]
-------------------------------------	-------------

Toxic contours

[Number of toxic levels	4]
[Dose levels(1)	130000]
[Dose levels(2)	1,3E+06]
[Dose levels(3)	1,3E+07]
[Dose levels(4)	1,3E+08]
[Probit levels(1)	2]
[Probit levels(2)	3]
[Probit levels(3)	4]
[Probit levels(4)	10]
[Lethality levels(1)	0,001 fraction]
[Lethality levels(2)	0,01 fraction]
[Lethality levels(3)	0,1 fraction]
[Lethality levels(4)	0,99 fraction]

Explosion parameters

Explosion method (Consequence calculations only)

[Explosion method	Multi-Energy: Uniform confined]
-------------------	---------------------------------

Ignition

[Supply late ignition location	No ignition location]
--------------------------------	-----------------------

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 130.874



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Vapour liquid method

[Use of explosion mass modification factor Early and late explosions]

[Explosion mass modification factor 3]

Fireball

Calculation method

[Fireball model Recommended]

Parameters

[Mass modification factor 3]

Radiation levels

[Number of input radiation levels 3]

[Intensity levels(1) 1,4 kW/m2]

[Intensity levels(2) 5 kW/m2]

[Intensity levels(3) 37,5 kW/m2]

Result types to calculate

[Calculate probit No]

[Calculate dose No]

[Calculate lethality No]

Jet fire

Cone model data

[Horizontal options Use standard method]

[Correlation Recommended]

Jet fire method

[Jet fire method Cone model]

Parameters

[Rate modification factor 3]

Radiation levels

[Number of input radiation levels 3]

[Intensity levels(1) 1,4 kW/m2]

[Intensity levels(2) 5 kW/m2]

[Intensity levels(3) 37,5 kW/m2]

Result types to calculate

[Calculate probit No]

[Calculate dose No]

[Calculate lethality No]

Surface emissive power

[Calculation method for surface emissive power Calculate SEP]

Pool fire

Parameters

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 130.874

Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

[Radiative fraction for general fires 0,4 fraction]

Radiation levels

[Number of input radiation levels 3]
[Intensity levels(1) 4 kW/m2]
[Intensity levels(2) 12,5 kW/m2]
[Intensity levels(3) 37,5 kW/m2]

Result types to calculate

[Calculate probit No]
[Calculate dose No]
[Calculate lethality No]

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.05 CASO MAS PROBABLE Nodo 4\Ventoe de gas amargo

DISCHARGE DATA for Weather: Weather folder\CATEGORIA 1.5/F

Wind Speed: 1,50 m/s
Wind Speed at Height (Calculated) 0,88 m/s
Pasquill Stability: F

USER-DEFINED QUANTITIES

Material CORRIENTE 5 GAS AMARGO
Scenario Leak
Inventory 4.176,64 kg
Fixed Duration n/a s

Stagnation data (data at upstream end for long pipe):

- Pressure 29,20 psi
- Temperature 38,00 degC
- Fluid State Pressurized gas

CALCULATED QUANTITIES

Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space only) n/a
Mass Flowrate 6,96107 kg/s
Release Duration 600,00 s

Orifice or pipe exit data (before atmospheric expansion):

- Pressure 16,71 psi
- Temperature 14,55 degC
- Vena Contracta Velocity (exit velocity for pipe releases) 270,90 m/s
- Discharge Coefficient 0,77

Final data (after atmospheric expansion):

- Temperature 9,28 degC
- Liquid Mass Fraction 0,00 fraction
- Droplet Diameter 0E+000 um
- Expanded Radius 0,07 m
- Velocity 299,11 m/s

DISCHARGE DATA for Weather: Weather folder\CATEGORIA 5/B-C

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 130.874



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Wind Speed: 5,00 m/s
Wind Speed at Height (Calculated) 4,39 m/s
Pasquill Stability: B/C

USER-DEFINED QUANTITIES

Material CORRIENTE 5 GAS AMARGO
Scenario Leak
Inventory 4.176,64 kg
Fixed Duration n/a s

Stagnation data (data at upstream end for long pipe):

- Pressure 29,20 psi
- Temperature 38,00 degC
- Fluid State Pressurized gas

CALCULATED QUANTITIES

Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space only) n/a
Mass Flowrate 6,96107 kg/s
Release Duration 600,00 s

Orifice or pipe exit data (before atmospheric expansion):

- Pressure 16,71 psi
- Temperature 14,55 degC
- Vena Contracta Velocity (exit velocity for pipe releases) 270,90 m/s
- Discharge Coefficient 0,77

Final data (after atmospheric expansion):

- Temperature 9,28 degC
- Liquid Mass Fraction 0,00 fraction
- Droplet Diameter 0E+000 um
- Expanded Radius 0,07 m
- Velocity 299,11 m/s

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 130.874



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Consequence Results

Distance to Concentration Results

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.05 CASO MAS PROBABLE Nodo 4\Venteo de gas amargo

The height for user defined concentrations is the user defined height 0 m

All toxic results are reported at the toxic effect height 0 m

All flammable results are reported at the cloud centreline height

Concentration(ppm)	Averaging Time		Distance (m)	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
User Conc (100)	1800	s	333,731	156,984
UFL (140101)	18,75	s	4,19026	4,05312
LFL (27581,8)	18,75	s	21,0366	17,1251
LFL Frac (13790,9)	18,75	s	41,2322	26,8334
STEL (15)	900	s	No Hazard	No Hazard
IDLH (100)	1800	s	333,731	156,984

Concentration(ppm)	Averaging Time		Heights (m) for above distances	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
User Conc (100)	1800	s	0	0
UFL (140101)	18,75	s	3,49923	3,49933
LFL (27581,8)	18,75	s	3,77256	3,53368
LFL Frac (13790,9)	18,75	s	3,33028	3,78701
STEL (15)	900	s	0	0
IDLH (100)	1800	s	0	0

Jet Fire Hazard

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.05 CASO MAS PROBABLE Nodo 4\Venteo de gas amargo

Jet fire method used: Cone model - Recommended

	CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Jet Fire Status	Hazard	Hazard
Flame Direction	Horizontal	Horizontal

Radiation Effects: Jet Fire Ellipse

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.05 CASO MAS PROBABLE Nodo 4\Venteo de gas amargo

This table gives the distances to the specified radiation levels for each jet fire listed in the above hazard table

			Distance (m)	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Radiation Level	1,4	kW/m2	61,2046	60,0445
Radiation Level	5	kW/m2	42,4634	44,8491
Radiation Level	37,5	kW/m2	Not Reached	24,3338

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 130.874



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Flash Fire Envelope

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.05 CASO MAS PROBABLE Nodo 4\Ventoe de gas amargo

All flammable results are reported at the cloud centreline height

			Distance (m)	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Furthest Extent	13790,9	ppm	41,2322	26,8334
Furthest Extent	27581,8	ppm	21,0366	17,1251
			Heights (m) for above distances	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Furthest Extent	13790,9	ppm	3,33028	3,78701
Furthest Extent	27581,8	ppm	3,77256	3,53368

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 130.874



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Explosion Effects: Late Ignition

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.05 CASO MAS PROBABLE Nodo 4\Venteo de gas amargo

Explosion Model Used : Multi-Energy: Uniform confined

Explosion Location Criterion: Cloud front (LFL fraction)

All distances are measured from the Source

All flammable results are reported at the cloud centreline height

			Maximum Distance (m) at Overpressure Level	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Overpressure	0,5	psi	No Hazard	No Hazard
Overpressure	1	psi	No Hazard	No Hazard
Overpressure	10,1526	psi	No Hazard	No Hazard
			Supplementary Data at 0,5 psi	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Supplied Flammable Mass		kg	No Hazard	No Hazard
Used Flammable Mass		kg	No Hazard	No Hazard
Overpressure Radius		m	0	0
Distance to:				
- Ignition Source		m	No Hazard	No Hazard
- Cloud Front/Centre		m	No Hazard	No Hazard
- Explosion Centre		m	0	0
			Supplementary Data at 1 psi	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Supplied Flammable Mass		kg	No Hazard	No Hazard
Used Flammable Mass		kg	No Hazard	No Hazard
Overpressure Radius		m	0	0
Distance to:				
- Ignition Source		m	No Hazard	No Hazard
- Cloud Front/Centre		m	No Hazard	No Hazard
- Explosion Centre		m	0	0
			Supplementary Data at 10,1526 psi	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Supplied Flammable Mass		kg	No Hazard	No Hazard
Used Flammable Mass		kg	No Hazard	No Hazard
Overpressure Radius		m	0	0
Distance to:				
- Ignition Source		m	No Hazard	No Hazard
- Cloud Front/Centre		m	No Hazard	No Hazard
- Explosion Centre		m	0	0

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 130.874



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Weather Conditions

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.05 CASO MAS PROBABLE Nodo 4\Ventoe de gas amargo

		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Wind Speed	m/s	1,5	5
Pasquill Stability		F	B/C
Atmospheric Temperature	degC	38	38
Surface Temperature	degC	38	38
Relative Humidity	fraction	0,98	0,98



Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la
Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)



Escenario 6

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810

Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11



Plataforma San Pedro 1 (SP1)



San Pedro 1 (SP1)

San Pedro 1 (SP1)\EI.06 CASO MAS PROBABLEI.06.-Fuga de Gas amargo debido a una Sobrepresión en línea de inyección de gas de alta presión; con formación de nube toxica, incendio, explosión con daño al personal, medio ambiente y a las instalaciones derivado del cierre de la válvula manual de 3"

Base Case

CASE Name: Data

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.06 CASO MAS PROBABLE Nodo 5\Fuga por Sobrepresión

User-Defined Data

Scenario

Direction

Outdoor release direction Horizontal impingement

Hole

Orifice diameter 15,24 mm
Use specified discharge coefficient? No

Release location

Elevation 1 m

Material

Material

[Material characteristics Toxic and flammable]
[Material to track HYDROGEN SULFIDE]

Phase

[Phase to be released Vapour]

Discharge parameters

Droplet breakup mechanism

[Droplet break-up mechanism - instantaneous Use flashing correlation]
[Droplet break-up mechanism - continuous Do not force correlation]

Model settings

[Atmospheric expansion method Closest to initial conditions]
[Is flashing allowed to the orifice? No flashing in the orifice]

Dispersion

Averaging time for reports

ERPG [1 hr] No
STEL [15 mins] Yes

Dispersion scope

Concentration of interest 100 ppm
Averaging time for concentration of interest IDLH

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Specify user-defined averaging time Yes
User defined averaging time 1800 s

Distances of interest

[Distances of interest(1) 10 m]
[Distances of interest(2) 20 m]
[Distances of interest(3) 30 m]

Bund, building and terrain: Default terrain

Dispersing surface

[Surface over which the dispersion occurs Land]
[Surface roughness length User-defined]
[User-defined length 183,156 mm]

Bund, building and terrain: No bund

Bund properties

[Bund height 0 m]
[Bund area (internal) 0 m2]
[Bund failure modeling Bund cannot fail]

Surface for pools

[Type of surface for pools Deep open water]

Bund, building and terrain

Building definition

[Specify a release building No]
[Building wake effect None]

Toxic parameters

Exposure time data

[Set averaging time equal to exposure time Use a fixed averaging time]

Indoor toxic calculations

[Specify the downwind building type Unselected]

Toxic contours

[Number of toxic levels 4]
[Dose levels(1) 130000]
[Dose levels(2) 1,3E+06]
[Dose levels(3) 1,3E+07]
[Dose levels(4) 1,3E+08]
[Probit levels(1) 2]
[Probit levels(2) 3]
[Probit levels(3) 4]
[Probit levels(4) 10]
[Lethality levels(1) 0,001 fraction]
[Lethality levels(2) 0,01 fraction]
[Lethality levels(3) 0,1 fraction]

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

[Lethality levels(4) 0,99 fraction]

Explosion parameters

Explosion method (Consequence calculations only)

[Explosion method Multi-Energy: Uniform confined]

Ignition

[Supply late ignition location No ignition location]

Vapour liquid method

[Use of explosion mass modification factor Early and late explosions]

[Explosion mass modification factor 3]

Fireball

Calculation method

[Fireball model Recommended]

Parameters

[Mass modification factor 3]

Radiation levels

[Number of input radiation levels 3]

[Intensity levels(1) 1,4 kW/m2]

[Intensity levels(2) 5 kW/m2]

[Intensity levels(3) 37,5 kW/m2]

Result types to calculate

[Calculate probit No]

[Calculate dose No]

[Calculate lethality No]

Jet fire

Cone model data

[Horizontal options Use standard method]

[Correlation Recommended]

Jet fire method

[Jet fire method Cone model]

Parameters

[Rate modification factor 3]

Radiation levels

[Number of input radiation levels 3]

[Intensity levels(1) 1,4 kW/m2]

[Intensity levels(2) 5 kW/m2]

[Intensity levels(3) 37,5 kW/m2]

Result types to calculate

[Calculate probit No]

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

[Calculate dose No]
[Calculate lethality No]

Surface emissive power

[Calculation method for surface emissive power Calculate SEP]

Pool fire

Parameters

[Radiative fraction for general fires 0,4 fraction]

Radiation levels

[Number of input radiation levels 3]
[Intensity levels(1) 1,4 kW/m2]
[Intensity levels(2) 5 kW/m2]
[Intensity levels(3) 37,5 kW/m2]

Result types to calculate

[Calculate probit No]
[Calculate dose No]
[Calculate lethality No]

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.06 CASO MAS PROBABLE Nodo 5\Fuga por Sobrepresión

DISCHARGE DATA for Weather: Weather folder\CATEGORIA 1.5/F

Wind Speed: 1,50 m/s
Wind Speed at Height (Calculated) 0,46 m/s
Pasquill Stability: F

USER-DEFINED QUANTITIES

Material CORRIENTE 5 GAS AMARGO
Scenario Leak
Inventory 8.111,64 kg
Fixed Duration n/a s

Stagnation data (data at upstream end for long pipe):

- Pressure 3.489,51 psi
- Temperature 70,00 degC
- Fluid State Pressurized gas

CALCULATED QUANTITIES

Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space only) n/a
Mass Flowrate 13,5194 kg/s
Release Duration 600,00 s

Orifice or pipe exit data (before atmospheric expansion):

- Pressure 789,67 psi
- Temperature 35,29 degC
- Vena Contracta Velocity (exit velocity for pipe releases) 320,69 m/s
- Discharge Coefficient 0,75

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Final data (after atmospheric expansion):

- Temperature	-154,85	degC
- Liquid Mass Fraction	0,00	fraction
- Droplet Diameter	0E+000	um
- Expanded Radius	0,05	m
- Velocity	375,02	m/s

DISCHARGE DATA for Weather:

Weather folder\CATEGORIA 5/B-C

Wind Speed:	5,00	m/s
Wind Speed at Height (Calculated)	3,76	m/s
Pasquill Stability:	B/C	

USER-DEFINED QUANTITIES

Material	CORRIENTE 5 GAS AMARGO
Scenario	Leak
Inventory	8.111,64 kg
Fixed Duration	n/a s

Stagnation data (data at upstream end for long pipe):

- Pressure	3.489,51	psi
- Temperature	70,00	degC
- Fluid State	Pressurized gas	

CALCULATED QUANTITIES

Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space only)	n/a	
Mass Flowrate	13,5194	kg/s
Release Duration	600,00	s

Orifice or pipe exit data (before atmospheric expansion):

- Pressure	789,67	psi
- Temperature	35,29	degC
- Vena Contracta Velocity (exit velocity for pipe releases)	320,69	m/s
- Discharge Coefficient	0,75	

Final data (after atmospheric expansion):

- Temperature	-154,85	degC
- Liquid Mass Fraction	0,00	fraction
- Droplet Diameter	0E+000	um
- Expanded Radius	0,05	m
- Velocity	375,02	m/s

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Consequence Results

Distance to Concentration Results

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.06 CASO MAS PROBABLE Nodo 5\Fuga por Sobrepresión

The height for user defined concentrations is the user defined height 0 m

All toxic results are reported at the toxic effect height 0 m

All flammable results are reported at the cloud centreline height

Concentration(ppm)	Averaging Time		Distance (m)	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
User Conc (100)	1800	s	441,113	216,547
UFL (140101)	18,75	s	11,0354	8,99224
LFL (27581,8)	18,75	s	87,5112	77,0749
LFL Frac (13790,9)	18,75	s	214,531	129,388
STEL (15)	900	s	No Hazard	No Hazard
IDLH (100)	1800	s	441,113	216,547

Concentration(ppm)	Averaging Time		Heights (m) for above distances	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
User Conc (100)	1800	s	0	0
UFL (140101)	18,75	s	1,11618	0,983179
LFL (27581,8)	18,75	s	0	0,519094
LFL Frac (13790,9)	18,75	s	0	0
STEL (15)	900	s	0	0
IDLH (100)	1800	s	0	0

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Concentration At Distance Results

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.06 CASO MAS PROBABLE Nodo 5\Fuga por Sobrepresión

The height for user defined concentrations is the user defined height 0 m

All toxic results are reported at the toxic effect height 0 m

All flammable results are reported at the cloud centreline height

Distance		Conc.(ppm) at Flammable Avg.Time of 18,75 s	
		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
10	m	5632,05	4708,88
20	m	3175,11	2747,94
30	m	2321,62	2052,98

Distance		Heights (m) for above concentrations	
		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
10	m	0,927812	0,940193
20	m	0,803808	0,861955
30	m	0,57774	0,765296

Distance		Conc.(ppm) at Toxic Avg.Time of 600 s	
		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
10	m	2849,46	2693,25
20	m	2855,6	2243,63
30	m	2250,25	1800,49

Distance		Heights (m) for above concentrations	
		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
10	m	0	0
20	m	0	0
30	m	0	0

Distance		Conc.(ppm) at User-defined Avg.Time of 1800 s	
		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
10	m	2849,46	2693,25
20	m	2855,6	2243,63
30	m	2250,25	1800,49

Distance		Heights (m) for above concentrations	
		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
10	m	0	0
20	m	0	0
30	m	0	0

Distance		Conc.(ppm) at IDLH Avg.Time of 1800 s	
		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
10	m	2849,46	2693,25
20	m	2855,6	2243,63
30	m	2250,25	1800,49

Distance		Heights (m) for above concentrations	
		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
10	m	0	0
20	m	0	0

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

30	m	0	0
Distance		Conc.(ppm) at STEL Avg.Time of 900 s	
		CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	2849,46	2693,25
20	m	2855,6	2243,63
30	m	2250,25	1800,49
Distance		Heights (m) for above concentrations	
		CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	0	0
20	m	0	0
30	m	0	0
Distance		Conc.(ppm) at Core Avg.Time of 18,75 s	
		CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	2849,46	2693,25
20	m	2855,6	2243,63
30	m	2250,25	1800,49
Distance		Heights (m) for above concentrations	
		CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	0	0
20	m	0	0
30	m	0	0

Jet Fire Hazard

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.06 CASO MAS PROBABLE Nodo 5\Fuga por Sobrepresión

Jet fire method used: Cone model - Recommended

		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Jet Fire Status		Truncated	Truncated
Flame Direction		Horizontal	Horizontal

Radiation Effects: Jet Fire Ellipse

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.06 CASO MAS PROBABLE Nodo 5\Fuga por Sobrepresión

This table gives the distances to the specified radiation levels for each jet fire listed in the above hazard table

				Distance (m)
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Radiation Level	1,4	kW/m2	63,3897	63,1447
Radiation Level	5	kW/m2	33,8417	33,8168
Radiation Level	37,5	kW/m2	13,8351	16,5706

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Radiation Effects: Jet Fire Distance

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.06 CASO MAS PROBABLE Nodo 5\Fuga por Sobrepresión

			Radiation Level (kW/m2)	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Distance Of Interest	10	m	116,252	116,25
Distance Of Interest	20	m	79,0053	105,246
Distance Of Interest	30	m	52,2437	73,3797

Flash Fire Envelope

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.06 CASO MAS PROBABLE Nodo 5\Fuga por Sobrepresión

All flammable results are reported at the cloud centreline height

			Distance (m)	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Furthest Extent	13790,9	ppm	214,531	129,388
Furthest Extent	27581,8	ppm	87,5112	77,0749

			Heights (m) for above distances	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Furthest Extent	13790,9	ppm	0	0
Furthest Extent	27581,8	ppm	0	0,519094

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810

Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11



Explosion Effects: Late Ignition

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.06 CASO MAS PROBABLE Nodo 5\Fuga por Sobrepresión

Explosion Model Used : Multi-Energy: Uniform confined

Explosion Location Criterion: Cloud front (LFL fraction)

All distances are measured from the Source

All flammable results are reported at the cloud centreline height

			Maximum Distance (m) at Overpressure Level	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Overpressure	0,5	psi	327,375	210,841
Overpressure	1	psi	273,441	169,099
Overpressure	10,1526	psi	223,469	130,424

			Supplementary Data at 0,5 psi	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Supplied Flammable Mass		kg	92,8296	43,0324
Used Flammable Mass		kg	92,8296	43,0324
Overpressure Radius		m	117,375	90,8405
Distance to:				
- Ignition Source		m	210	120
- Cloud Front/Centre		m	210	120
- Explosion Centre		m	210	120

			Supplementary Data at 1 psi	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Supplied Flammable Mass		kg	92,8296	43,0324
Used Flammable Mass		kg	92,8296	43,0324
Overpressure Radius		m	63,4407	49,0988
Distance to:				
- Ignition Source		m	210	120
- Cloud Front/Centre		m	210	120
- Explosion Centre		m	210	120

			Supplementary Data at 10,1526 psi	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Supplied Flammable Mass		kg	92,8296	43,0324
Used Flammable Mass		kg	92,8296	43,0324
Overpressure Radius		m	13,4687	10,4239
Distance to:				
- Ignition Source		m	210	120
- Cloud Front/Centre		m	210	120
- Explosion Centre		m	210	120

			Overpressures (psi gauge) at Distances	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Input Distances	10	m	0	0
Input Distances	20	m	0	0
Input Distances	30	m	0	0

			Supplementary Data at 10 m	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Supplied Flammable Mass		kg	1,86161	2,31706

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Used Flammable Mass kg 1,86161 2,31706

Supplementary Data at 20 m

CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C

Supplied Flammable Mass kg 10,9283 9,50142

Used Flammable Mass kg 10,9283 9,50142

Supplementary Data at 30 m

CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C

Supplied Flammable Mass kg 24,0338 17,5567

Used Flammable Mass kg 24,0338 17,5567

Weather Conditions

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.06 CASO MAS PROBABLE Nodo 5\Fuga por Sobrepresión

CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C

Wind Speed m/s 1,5 5

Pasquill Stability F B/C

Atmospheric Temperature degC 38 38

Surface Temperature degC 38 38

Relative Humidity fraction 0,98 0,98



Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la
Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)



Escenario 7

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11



Plataforma San Pedro 1 (SP1)



San Pedro 1 (SP1)

San Pedro 1 (SP1)\EI.07 CASO MAS PROBABLE\EI.07 Fuga de Gas amargo debido a una Sobrepresión en línea de inyección de gas de alta presión; con formación de nube toxica, incendio, explosión con daño al personal, medio ambiente y a las instalaciones derivado del Bloqueo o restricción de la válvula de estrangulamiento

Base Case

CASE Name: Data

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.07 CASO MAS PROBABLE Nodo 5\Fuga por Sobrepresión

User-Defined Data

Scenario

Direction

Outdoor release direction Horizontal impingement

Hole

Orifice diameter 15,24 mm
Use specified discharge coefficient? No

Release location

Elevation 1 m

Material

Material

[Material characteristics Toxic and flammable]
[Material to track HYDROGEN SULFIDE]

Phase

[Phase to be released Vapour]

Discharge parameters

Droplet breakup mechanism

[Droplet break-up mechanism - instantaneous Use flashing correlation]
[Droplet break-up mechanism - continuous Do not force correlation]

Model settings

[Atmospheric expansion method Closest to initial conditions]
[Is flashing allowed to the orifice? No flashing in the orifice]

Dispersion

Averaging time for reports

ERPG [1 hr] No
STEL [15 mins] Yes

Dispersion scope

Concentration of interest 100 ppm
Averaging time for concentration of interest IDLH

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Specify user-defined averaging time Yes
User defined averaging time 1800 s

Distances of interest

Distances of interest(1) 10 m
Distances of interest(2) 20 m
Distances of interest(3) 30 m

Bund, building and terrain: Default terrain

Dispersing surface

[Surface over which the dispersion occurs Land]
[Surface roughness length User-defined]
[User-defined length 183,156 mm]

Bund, building and terrain: No bund

Bund properties

[Bund height 0 m]
[Bund area (internal) 0 m2]
[Bund failure modeling Bund cannot fail]

Surface for pools

[Type of surface for pools Deep open water]

Bund, building and terrain

Building definition

[Specify a release building No]
[Building wake effect None]

Toxic parameters

Exposure time data

[Set averaging time equal to exposure time Use a fixed averaging time]

Indoor toxic calculations

[Specify the downwind building type Unselected]

Toxic contours

[Number of toxic levels 4]
[Dose levels(1) 130000]
[Dose levels(2) 1,3E+06]
[Dose levels(3) 1,3E+07]
[Dose levels(4) 1,3E+08]
[Probit levels(1) 2]
[Probit levels(2) 3]
[Probit levels(3) 4]
[Probit levels(4) 10]
[Lethality levels(1) 0,001 fraction]
[Lethality levels(2) 0,01 fraction]
[Lethality levels(3) 0,1 fraction]

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

[Lethality levels(4) 0,99 fraction]

Explosion parameters

Explosion method (Consequence calculations only)

[Explosion method Multi-Energy: Uniform confined]

Ignition

[Supply late ignition location No ignition location]

Vapour liquid method

[Use of explosion mass modification factor Early and late explosions]

[Explosion mass modification factor 3]

Fireball

Calculation method

[Fireball model Recommended]

Parameters

[Mass modification factor 3]

Radiation levels

[Number of input radiation levels 3]

[Intensity levels(1) 4 kW/m2]

[Intensity levels(2) 12,5 kW/m2]

[Intensity levels(3) 37,5 kW/m2]

Result types to calculate

[Calculate probit No]

[Calculate dose No]

[Calculate lethality No]

Jet fire

Cone model data

[Horizontal options Use standard method]

[Correlation Recommended]

Jet fire method

[Jet fire method Cone model]

Parameters

[Rate modification factor 3]

Radiation levels

[Number of input radiation levels 3]

[Intensity levels(1) 1,4 kW/m2]

[Intensity levels(2) 5 kW/m2]

[Intensity levels(3) 37,5 kW/m2]

Result types to calculate

[Calculate probit No]

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

[Calculate dose No]
[Calculate lethality No]

Surface emissive power

[Calculation method for surface emissive power Calculate SEP]

Pool fire

Parameters

[Radiative fraction for general fires 0,4 fraction]

Radiation levels

[Number of input radiation levels 3]
[Intensity levels(1) 4 kW/m2]
[Intensity levels(2) 12,5 kW/m2]
[Intensity levels(3) 37,5 kW/m2]

Result types to calculate

[Calculate probit No]
[Calculate dose No]
[Calculate lethality No]

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.07 CASO MAS PROBABLE Nodo 5\Fuga por Sobrepresión

DISCHARGE DATA for Weather: Weather folder\CATEGORIA 1.5/F

Wind Speed: 1,50 m/s
Wind Speed at Height (Calculated) 0,46 m/s
Pasquill Stability: F

USER-DEFINED QUANTITIES

Material CORRIENTE 5 GAS AMARGO
Scenario Leak
Inventory 8.111,64 kg
Fixed Duration n/a s

Stagnation data (data at upstream end for long pipe):

- Pressure 3.489,51 psi
- Temperature 70,00 degC
- Fluid State Pressurized gas

CALCULATED QUANTITIES

Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space only) n/a
Mass Flowrate 13,5194 kg/s
Release Duration 600,00 s

Orifice or pipe exit data (before atmospheric expansion):

- Pressure 789,67 psi
- Temperature 35,29 degC
- Vena Contracta Velocity (exit velocity for pipe releases) 320,69 m/s
- Discharge Coefficient 0,75

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Final data (after atmospheric expansion):

- Temperature	-154,85	degC
- Liquid Mass Fraction	0,00	fraction
- Droplet Diameter	0E+000	um
- Expanded Radius	0,05	m
- Velocity	375,02	m/s

DISCHARGE DATA for Weather:

Weather folder\CATEGORIA 5/B-C

Wind Speed:	5,00	m/s
Wind Speed at Height (Calculated)	3,76	m/s
Pasquill Stability:	B/C	

USER-DEFINED QUANTITIES

Material	CORRIENTE 5 GAS AMARGO
Scenario	Leak
Inventory	8.111,64 kg
Fixed Duration	n/a s

Stagnation data (data at upstream end for long pipe):

- Pressure	3.489,51	psi
- Temperature	70,00	degC
- Fluid State	Pressurized gas	

CALCULATED QUANTITIES

Mass Flow of Air (Vent from Vapor Space only)	n/a	
Mass Flowrate	13,5194	kg/s
Release Duration	600,00	s

Orifice or pipe exit data (before atmospheric expansion):

- Pressure	789,67	psi
- Temperature	35,29	degC
- Vena Contracta Velocity (exit velocity for pipe releases)	320,69	m/s
- Discharge Coefficient	0,75	

Final data (after atmospheric expansion):

- Temperature	-154,85	degC
- Liquid Mass Fraction	0,00	fraction
- Droplet Diameter	0E+000	um
- Expanded Radius	0,05	m
- Velocity	375,02	m/s

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Consequence Results

Distance to Concentration Results

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.07 CASO MAS PROBABLE Nodo 5\Fuga por Sobrepresión

The height for user defined concentrations is the user defined height 0 m

All toxic results are reported at the toxic effect height 0 m

All flammable results are reported at the cloud centreline height

Concentration(ppm)	Averaging Time		Distance (m)	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
User Conc (100)	1800	s	441,231	216,628
UFL (140101)	18,75	s	11,0354	8,99224
LFL (27581,8)	18,75	s	87,5033	77,0714
LFL Frac (13790,9)	18,75	s	214,326	129,386
STEL (15)	900	s	No Hazard	No Hazard
IDLH (100)	1800	s	441,231	216,628

Concentration(ppm)	Averaging Time		Heights (m) for above distances	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
User Conc (100)	1800	s	0	0
UFL (140101)	18,75	s	1,11618	0,98318
LFL (27581,8)	18,75	s	0	0,519244
LFL Frac (13790,9)	18,75	s	0	0
STEL (15)	900	s	0	0
IDLH (100)	1800	s	0	0

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Concentration At Distance Results

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.07 CASO MAS PROBABLE Nodo 5\Fuga por Sobrepresión

The height for user defined concentrations is the user defined height 0 m

All toxic results are reported at the toxic effect height 0 m

All flammable results are reported at the cloud centreline height

Distance		Conc.(ppm) at Flammable Avg.Time of 18,75 s	
		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
10	m	5632,05	4708,88
20	m	3175,11	2747,94
30	m	2320,89	2052,98

Distance		Heights (m) for above concentrations	
		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
10	m	0,927812	0,940193
20	m	0,803807	0,861955
30	m	0,579674	0,765296

Distance		Conc.(ppm) at Toxic Avg.Time of 600 s	
		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
10	m	2849,46	2693,25
20	m	2855,6	2243,63
30	m	2249,37	1800,49

Distance		Heights (m) for above concentrations	
		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
10	m	0	0
20	m	0	0
30	m	0	0

Distance		Conc.(ppm) at User-defined Avg.Time of 1800 s	
		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
10	m	2849,46	2693,25
20	m	2855,6	2243,63
30	m	2249,37	1800,49

Distance		Heights (m) for above concentrations	
		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
10	m	0	0
20	m	0	0
30	m	0	0

Distance		Conc.(ppm) at IDLH Avg.Time of 1800 s	
		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
10	m	2849,46	2693,25
20	m	2855,6	2243,63
30	m	2249,37	1800,49

Distance		Heights (m) for above concentrations	
		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
10	m	0	0
20	m	0	0

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810

Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11



30	m	0	0
Distance		Conc.(ppm) at STEL Avg.Time of 900 s	
		CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	2849,46	2693,25
20	m	2855,6	2243,63
30	m	2249,37	1800,49
Distance		Heights (m) for above concentrations	
		CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	0	0
20	m	0	0
30	m	0	0
Distance		Conc.(ppm) at Core Avg.Time of 18,75 s	
		CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	2849,46	2693,25
20	m	2855,6	2243,63
30	m	2249,37	1800,49
Distance		Heights (m) for above concentrations	
		CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C	
10	m	0	0
20	m	0	0
30	m	0	0

Jet Fire Hazard

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.07 CASO MAS PROBABLE Nodo 5\Fuga por Sobrepresión

Jet fire method used: Cone model - Recommended

		CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Jet Fire Status		Truncated	Truncated
Flame Direction		Horizontal	Horizontal

Radiation Effects: Jet Fire Ellipse

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.07 CASO MAS PROBABLE Nodo 5\Fuga por Sobrepresión

This table gives the distances to the specified radiation levels for each jet fire listed in the above hazard table

				Distance (m)
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Radiation Level	1,4	kW/m2	63,3897	63,1447
Radiation Level	5	kW/m2	33,8417	33,8168
Radiation Level	37,5	kW/m2	13,8351	16,5706

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Radiation Effects: Jet Fire Distance

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.07 CASO MAS PROBABLE Nodo 5\Fuga por Sobrepresión

			Radiation Level (kW/m2)	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Distance Of Interest	10	m	116,252	116,25
Distance Of Interest	20	m	79,0052	105,246
Distance Of Interest	30	m	52,2437	73,3796

Flash Fire Envelope

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.07 CASO MAS PROBABLE Nodo 5\Fuga por Sobrepresión

All flammable results are reported at the cloud centreline height

			Distance (m)	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Furthest Extent	13790,9	ppm	214,326	129,386
Furthest Extent	27581,8	ppm	87,5033	77,0714

			Heights (m) for above distances	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Furthest Extent	13790,9	ppm	0	0
Furthest Extent	27581,8	ppm	0	0,519244

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810

Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11



Explosion Effects: Late Ignition

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.07 CASO MAS PROBABLE Nodo 5\Fuga por Sobrepresión

Explosion Model Used : Multi-Energy: Uniform confined

Explosion Location Criterion: Cloud front (LFL fraction)

All distances are measured from the Source

All flammable results are reported at the cloud centreline height

			Maximum Distance (m) at Overpressure Level	
			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Overpressure	0,5	psi	327,378	210,839
Overpressure	1	psi	273,442	169,098
Overpressure	10,1526	psi	223,469	130,424

Supplementary Data at 0,5 psi

			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Supplied Flammable Mass		kg	92,8361	43,0296
Used Flammable Mass		kg	92,8361	43,0296
Overpressure Radius		m	117,378	90,8386
Distance to:				
- Ignition Source		m	210	120
- Cloud Front/Centre		m	210	120
- Explosion Centre		m	210	120

Supplementary Data at 1 psi

			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Supplied Flammable Mass		kg	92,8361	43,0296
Used Flammable Mass		kg	92,8361	43,0296
Overpressure Radius		m	63,4422	49,0977
Distance to:				
- Ignition Source		m	210	120
- Cloud Front/Centre		m	210	120
- Explosion Centre		m	210	120

Supplementary Data at 10,1526 psi

			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Supplied Flammable Mass		kg	92,8361	43,0296
Used Flammable Mass		kg	92,8361	43,0296
Overpressure Radius		m	13,469	10,4236
Distance to:				
- Ignition Source		m	210	120
- Cloud Front/Centre		m	210	120
- Explosion Centre		m	210	120

Overpressures (psi gauge) at Distances

			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Input Distances	10	m	0	0
Input Distances	20	m	0	0
Input Distances	30	m	0	0

Supplementary Data at 10 m

			CATEGORIA 1.5	CATEGORIA 5/B-C
Supplied Flammable Mass		kg	1,86161	2,31707

SUMMARY REPORT

Unique Audit Number: 126.810



Study Folder: Plataforma San Pedro 1 (SP1)

Phast 7,11

Used Flammable Mass	kg	1,86161	2,31707
---------------------	----	---------	---------

Supplementary Data at 20 m

CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C

Supplied Flammable Mass	kg	10,9284	9,50143
-------------------------	----	---------	---------

Used Flammable Mass	kg	10,9284	9,50143
---------------------	----	---------	---------

Supplementary Data at 30 m

CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C

Supplied Flammable Mass	kg	24,0323	17,5567
-------------------------	----	---------	---------

Used Flammable Mass	kg	24,0323	17,5567
---------------------	----	---------	---------

Weather Conditions

Path: San Pedro 1 (SP1)\EI.07 CASO MAS PROBABLE Nodo 5\Fuga por Sobrepresión

CATEGORIA 1.5 CATEGORIA 5/B-C

Wind Speed	m/s	1,5	5
------------	-----	-----	---

Pasquill Stability		F	B/C
--------------------	--	---	-----

Atmospheric Temperature	degC	38	38
-------------------------	------	----	----

Surface Temperature	degC	38	38
---------------------	------	----	----

Relative Humidity	fraction	0,98	0,98
-------------------	----------	------	------



Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la
Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)



Anexo C

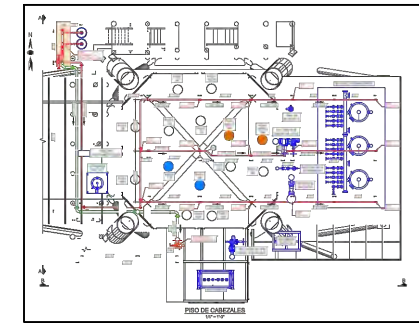
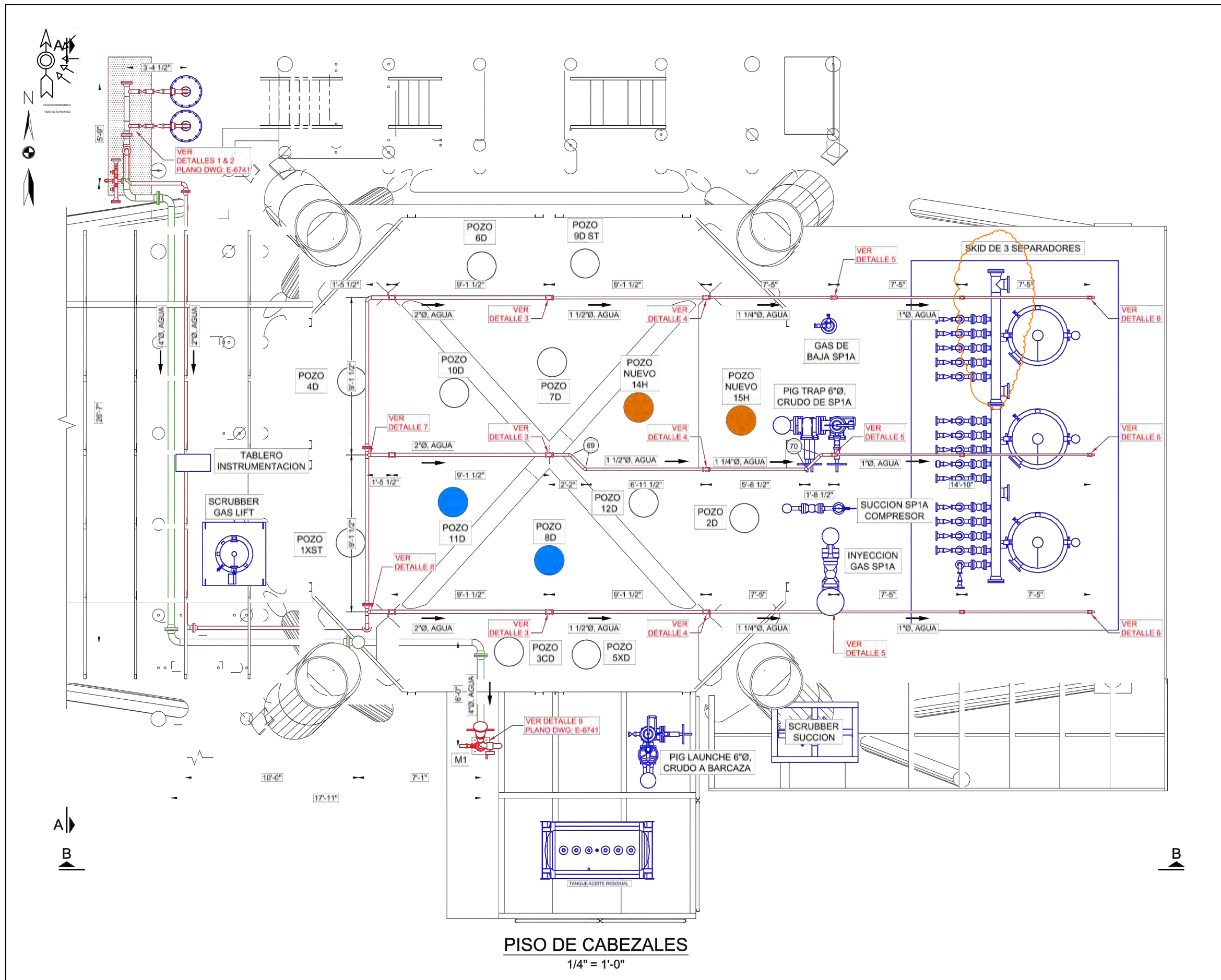
Diagramas de Pétalos.



Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la
Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)



Escenario 1



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

PROYECTO:

"DETERMINACIÓN DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- IDLH 100 PPM
- STEL 15 PPM

ESCENARIOS: HIPÓTESIS 1	PLANO 1	FECHA: ENERO DE 2016
-----------------------------------	----------------	--------------------------------

FUGA DE HIDROCARBUROS DEBIDO A UNA SOBREPRESIÓN EN LÍNEA DE PRODUCCIÓN, MANIFOLD DE PRODUCCIÓN (SEPARADORES DE PRUEBA Y TOTALES), CON POSIBLE FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA, INCENDIO, EXPLOSIÓN CON DAÑO AL PERSONAL, MEDIO AMBIENTE Y A LAS INSTALACIONES DEBIDO LA APERTURA POR FALLA MECÁNICA DE LA VÁLVULA DE ESTRANGULAMIENTO.

Nube Tóxica (5 B/C)

CONCENTRACIÓN STEL 15 PPM	No Alcanzado
CONCENTRACIÓN IDLH 100 PPM	20.66m

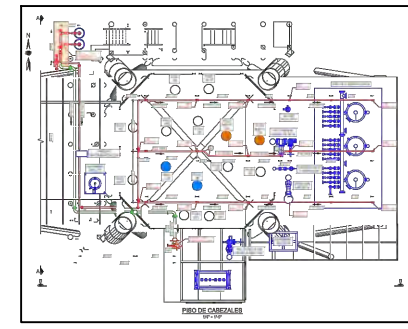
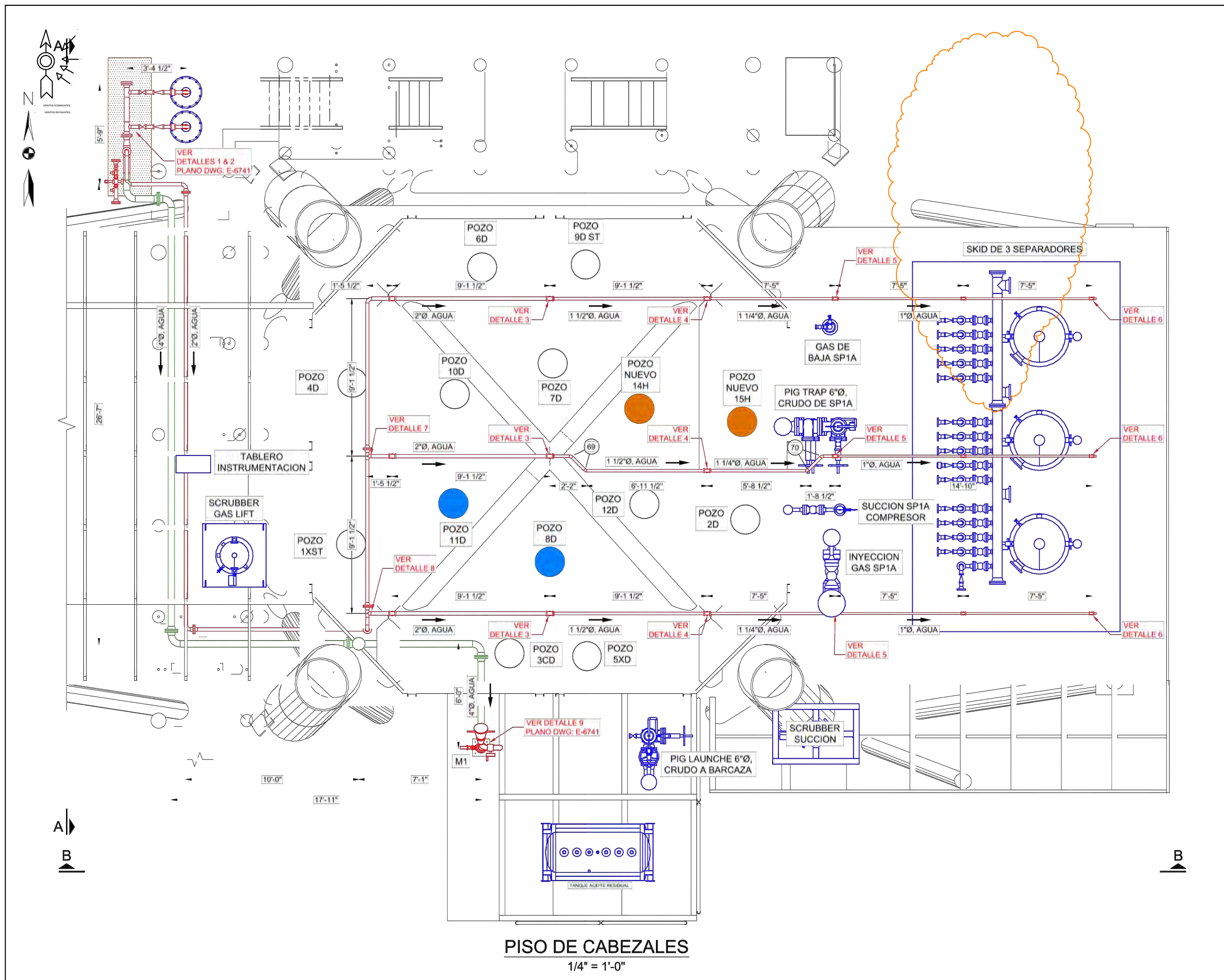


ANÁLISIS DE RIESGO

TOXICIDAD

DIAGRAMA DE PETALOS

ELABORO:	P.C.E		
REVISO:	L.R.G.		
APROBO:	L.R.G.		
NUMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISION DE PLANO:	REV. 0		



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

PROYECTO:
 "DETERMINACIÓN DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- IDLH 100 PPM
- STEL 15 PPM

ESCENARIOS: HIPÓTESIS 1	PLANO 1	FECHA: ENERO DE 2016
----------------------------	---------	-------------------------

FUGA DE HIDROCARBUROS DEBIDO A UNA SOBREPRESIÓN EN LÍNEA DE PRODUCCIÓN, MANIFOLD DE PRODUCCIÓN (SEPARADORES DE PRUEBA Y TOTALES), CON POSIBLE FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA, INCENDIO, EXPLOSIÓN CON DAÑO AL PERSONAL, MEDIO AMBIENTE Y A LAS INSTALACIONES DEBIDO LA APERTURA POR FALLA MECÁNICA DE LA VÁLVULA DE ESTRANGULAMIENTO.

Nube Tóxica (1.5 F)

CONCENTRACIÓN STEL 15 PPM	No Alcanzado
------------------------------	-----------------

CONCENTRACIÓN IDLH 100 PPM	56.38m
-------------------------------	--------

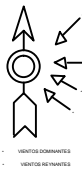


ANÁLISIS DE RIESGO

TOXICIDAD

DIAGRAMA DE PETALOS

ELABORO:	P.C.E		
REVISO:	I.R.G.		
APROBO:	I.R.G.		
NUMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISION DE PLANO:	REV. 0		



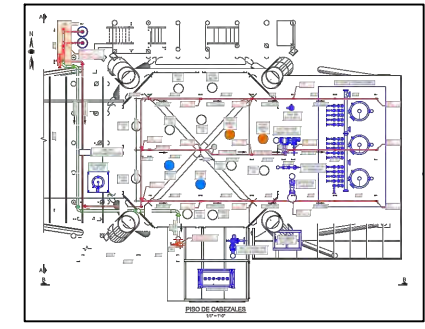
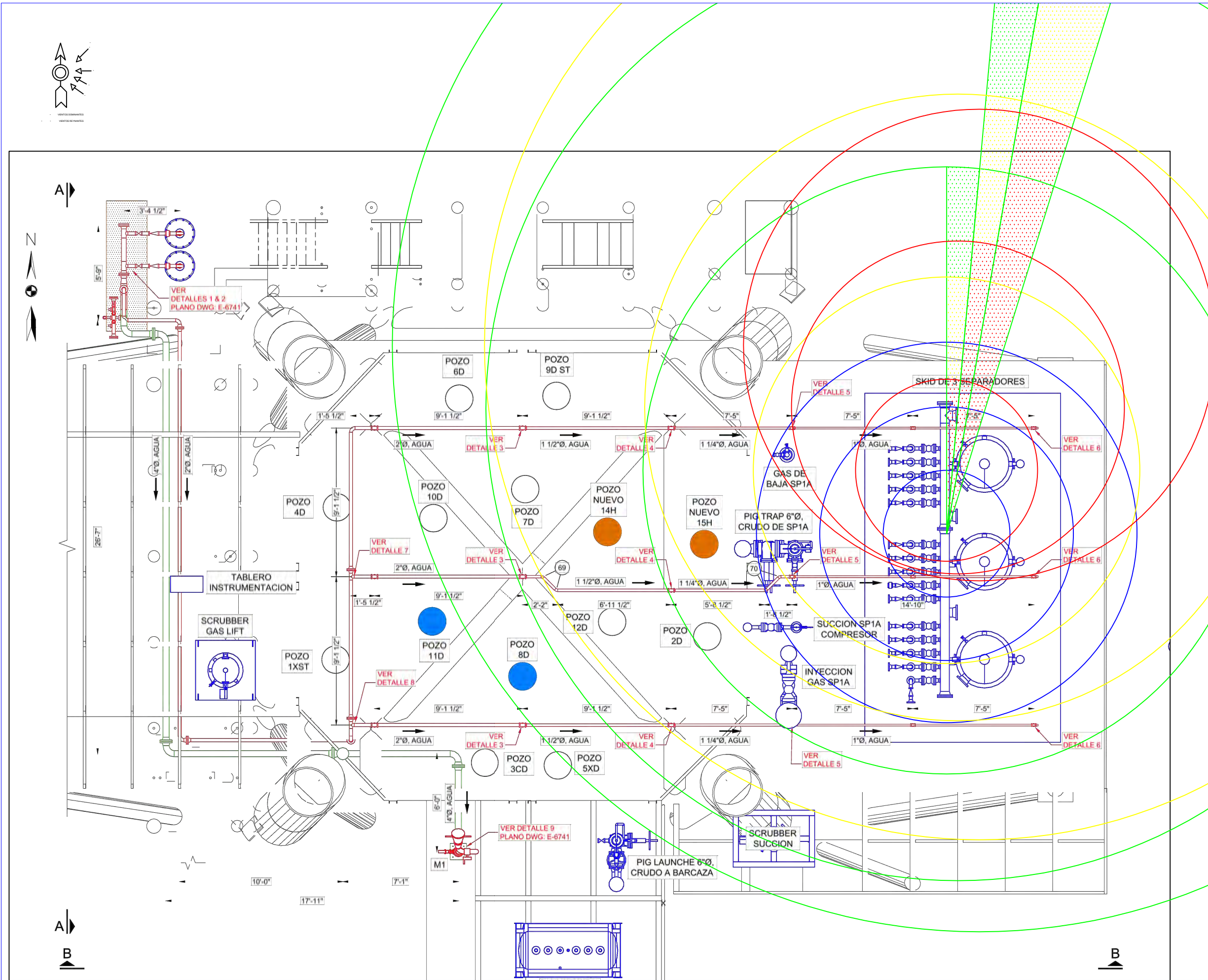
A



A

B

B



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

PROYECTO:
"DETERMINACIÓN DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- SOBRESPRESIÓN (bar) 0.3
- SOBRESPRESIÓN (bar) 0.6
- SOBRESPRESIÓN (bar) 0.7

ESCENARIOS: HIPÓTESIS 1	PLANO 1	FECHA: ENERO DE 2016
-----------------------------------	----------------	--------------------------------

FUGA DE HIDROCARBUROS DEBIDO A UNA SOBRESPRESIÓN EN LÍNEA DE PRODUCCIÓN, MANIFOLD DE PRODUCCIÓN (SEPARADORES DE PRUEBA Y TOTALES), CON POSIBLE FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA, INCENDIO, EXPLOSIÓN CON DAÑO AL PERSONAL, MEDIO AMBIENTE Y A LAS INSTALACIONES DEBIDO LA APERTURA POR FALLA MECÁNICA DE LA VÁLVULA DE ESTRANGULAMIENTO.

SOBRESPRESIÓN 5 BC

DISTANCIA O PUNTO DE IGNICIÓN	SOBRESPRESIÓN (bar) 0.3 RESULTADOS EN (m)	SOBRESPRESIÓN (bar) 0.6 RESULTADOS EN (m)	SOBRESPRESIÓN (bar) 0.7 RESULTADOS EN (m)
10 mts	48.86m	30.46m	14.34m
20 mts	74.39m	49.40m	26.24m
30 mts	92.51m	63.78m	37.17m

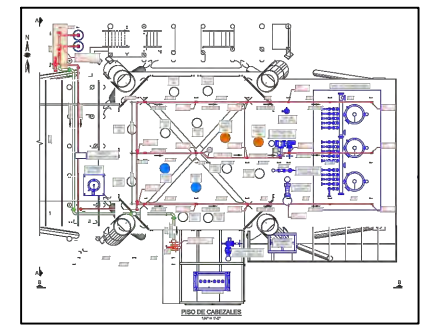
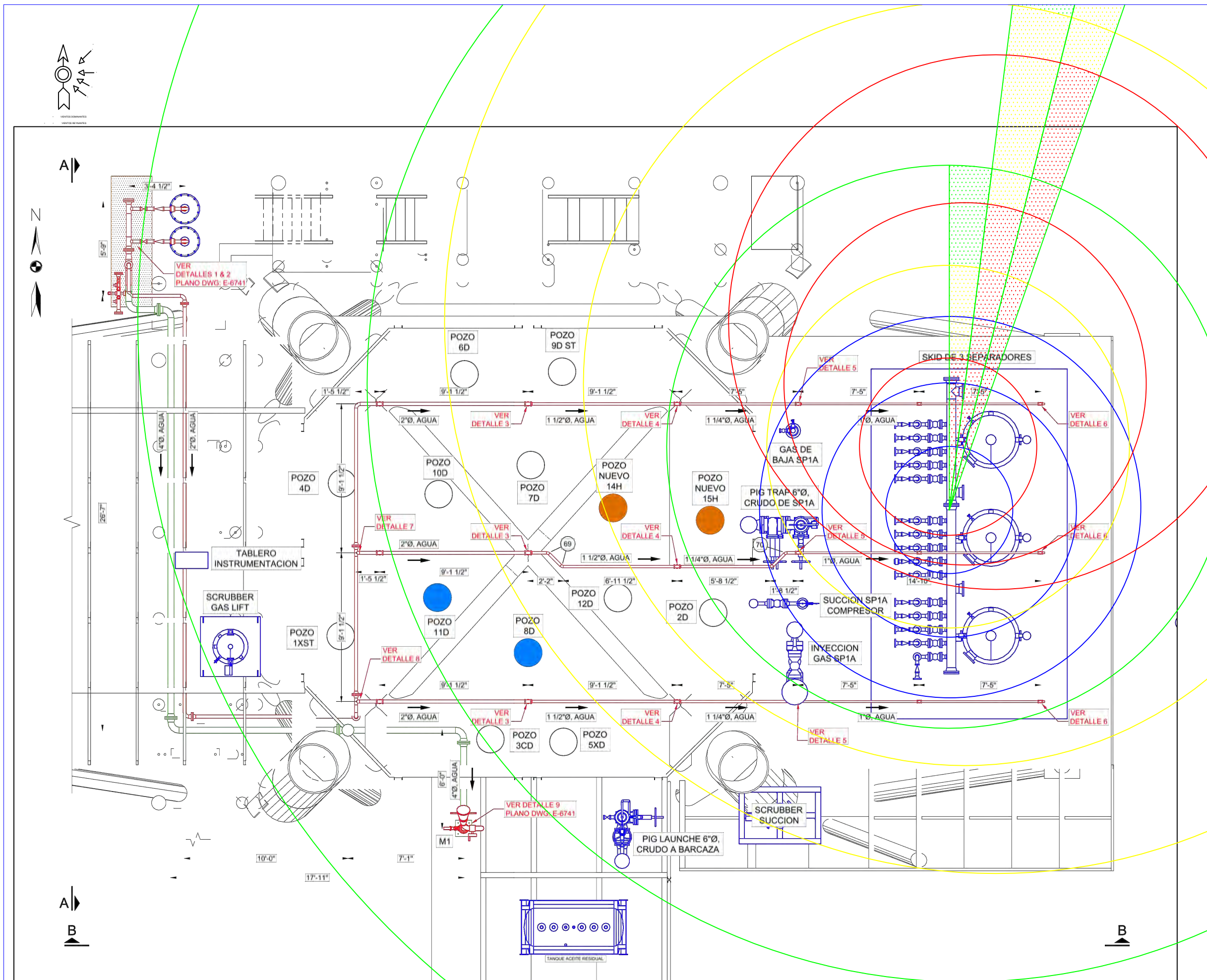


ANÁLISIS DE RIESGO

SOBRESPRESIÓN

DIAGRAMA DE PETALOS

ELABORO:	P.C.E		
REVISO:	L.R.G.		
APROBO:	L.R.G.		
NUMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISION DE PLANO:	REV. 0		



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

PROYECTO:
"DETERMINACIÓN DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- SOBREPRESIÓN (bar) 0.3
- SOBREPRESIÓN (bar) 0.6
- SOBREPRESIÓN (bar) 0.7

ESCENARIOS: HIPÓTESIS 1 PLANO 1 FECHA: ENERO DE 2016

FUGA DE HIDROCARBUROS DEBIDO A UNA SOBREPRESIÓN EN LÍNEA DE PRODUCCIÓN, MANIFOLD DE PRODUCCIÓN (SEPARADORES DE PRUEBA Y TOTALES), CON POSIBLE FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA, INCENDIO, EXPLOSIÓN CON DAÑO AL PERSONAL, MEDIO AMBIENTE Y LAS INSTALACIONES DEBIDO LA APERTURA POR FALLA MECÁNICA DE LA VÁLVULA DE ESTRANGULAMIENTO.

SOBREPRESIÓN 1.5 F

DISTANCIA O PUNTO DE IGNICIÓN	SOBREPRESIÓN (bar) 0.3 0.60 RESULTADOS EN (m)	SOBREPRESIÓN (bar) 0.6 0.60 RESULTADOS EN (m)	SOBREPRESIÓN (bar) 0.7 0.7 RESULTADOS EN (m)
10 mts	44.29m	28.53m	13.93m
20 mts	94.07m	60.04m	28.50m
30 mts	134.98m	86.74m	42.05m

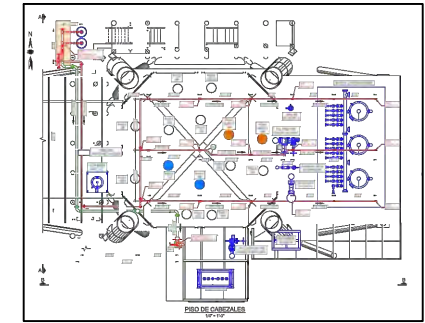
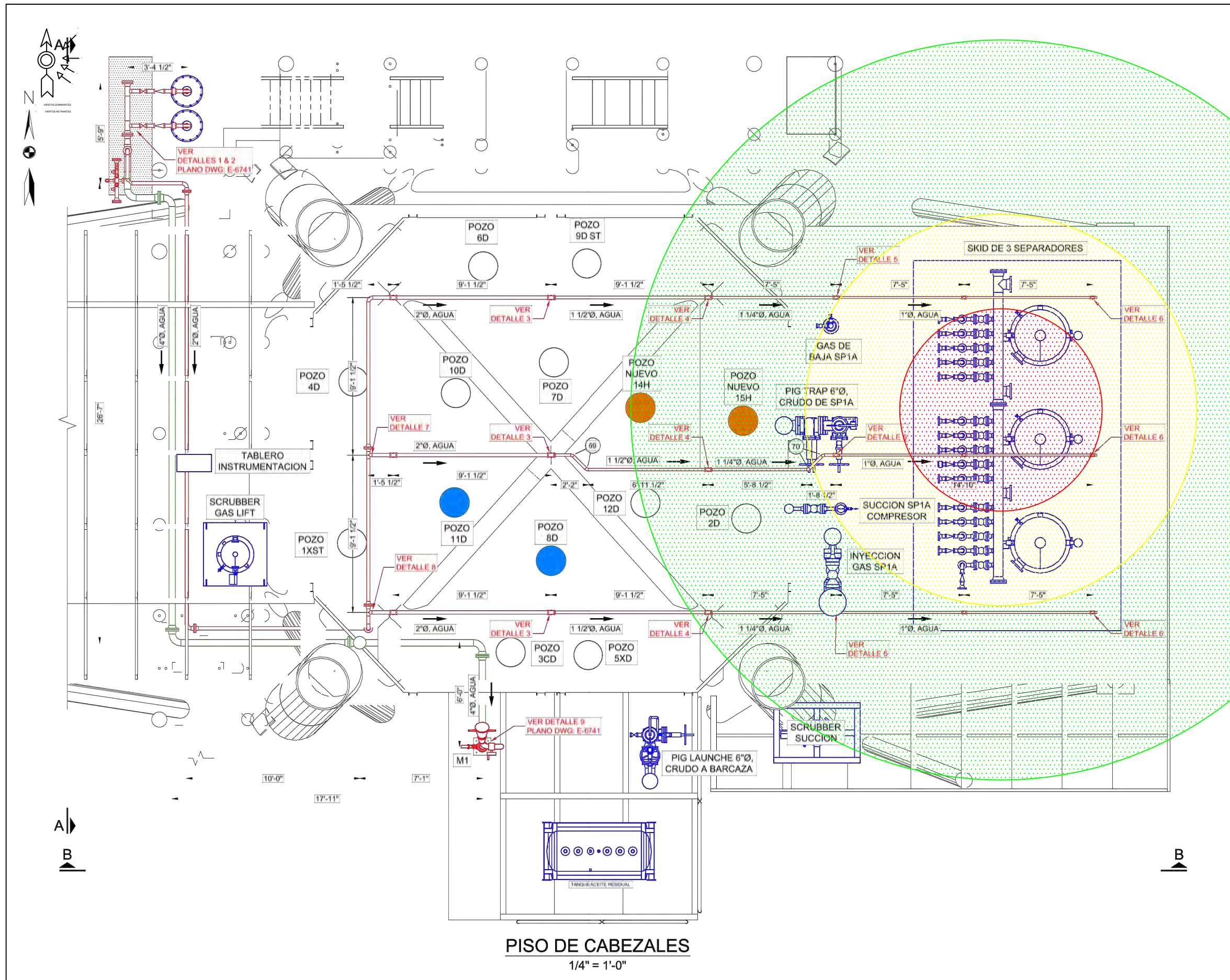


ANÁLISIS DE RIESGO

SOBREPRESIÓN

DIAGRAMA DE PETALOS

ELABORO:	P.C.E		
REVISO:	I.R.G.		
APROBO:	I.R.G.		
NÚMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISIÓN DE PLANO:	REV. 0		



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

PROYECTO:
 "DETERMINACIÓN DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- Zona de Amortiguamiento (1.4 Kw/m²)
- Zona de Alto Riesgo (5.0 Kw/m²)
- Efecto Domino (37.5 Kw/m²)

ESCENARIOS: HIPÓTESIS 1	PLANO 1	FECHA: ENERO DE 2016
----------------------------	---------	-------------------------

FUGA DE HIDROCARBUROS DEBIDO A UNA SOBREPRESION EN LINEA DE PRODUCCIÓN, MANIFOLD DE PRODUCCIÓN (SEPARADORES DE PRUEBA Y TOTALES), CON POSIBLE FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA, INCENDIO, EXPLOSIÓN CON DAÑO AL PERSONAL, MEDIO AMBIENTE Y A LAS INSTALACIONES DEBIDO LA APERTURA POR FALLA MECÁNICA DE LA VÁLVULA DE ESTRANGULAMIENTO.

RADIACIÓN (5 B/C)

DAÑO A EQUIPOS 37.5 (Kw/m ²)	15.04m
ZONA DE ALTO RIESGO 5.0 (Kw/m ²)	29.10m
ZONA DE AMORTIGUAMIENTO 1.4 (Kw/m ²)	55.01m

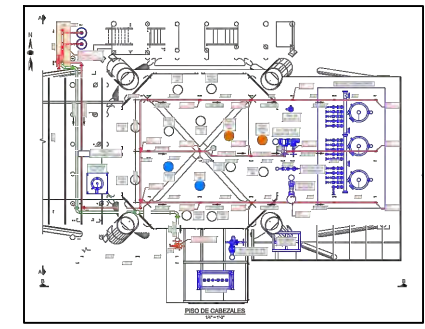
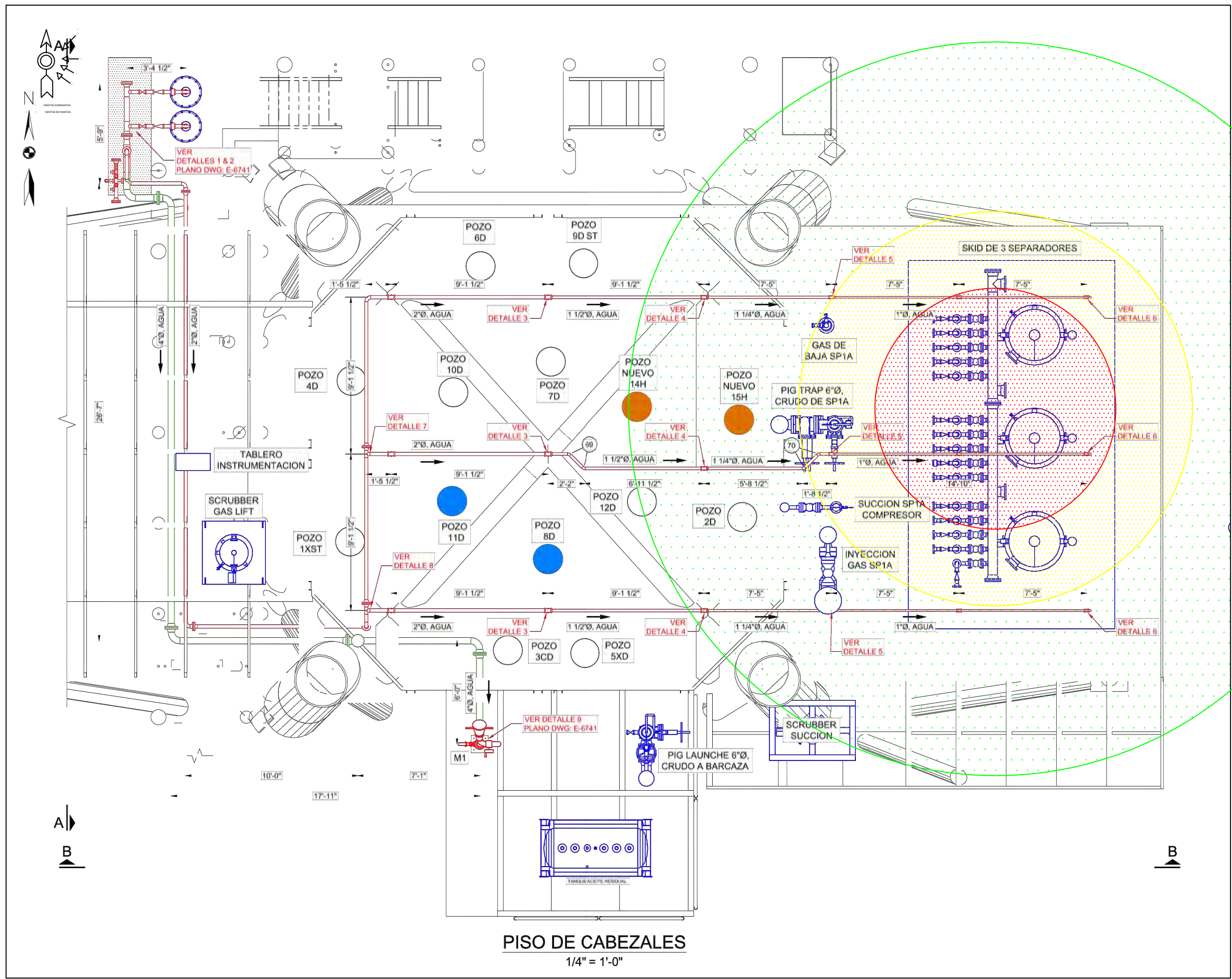


ANÁLISIS DE RIESGO

RADIACIÓN (JET FIRE)

DIAGRAMA DE PETALOS

ELABORO:	P.C.E		
REVISO:	I.R.G.		
APROBO:	I.R.G.		
NUMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISION DE PLANO:	REV. 0		



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

PROYECTO:

"DETERMINACIÓN DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- Zona de Amortiguamiento (1.4 Kw/m²)
- Zona de Alto Riesgo (5.0 Kw/m²)
- Efecto Domino (37.5 Kw/m²)

ESCENARIOS: HIPÓTESIS 1 PLANO 1 FECHA: ENERO DE 2016

FUGA DE HIDROCARBUROS DEBIDO A UNA SOBREPRESION EN LINEA DE PRODUCCIÓN, MANIFOLD DE PRODUCCIÓN (SEPARADORES DE PRUEBA Y TOTALES), CON POSIBLE FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA, INCENDIO, EXPLOSIÓN CON DAÑO AL PERSONAL, MEDIO AMBIENTE Y A LAS INSTALACIONES DEBIDO LA APERTURA POR FALLA MECÁNICA DE LA VÁLVULA DE ESTRANGULAMIENTO.

RADIACIÓN (1.5 F)

DAÑO A EQUIPOS 37.5 (Kw/m ²)	18.00m
ZONA DE ALTO RIESGO 5.0 (Kw/m ²)	29.45m
ZONA DE AMORTIGUAMIENTO 1.4 (Kw/m ²)	54.82m



ANÁLISIS DE RIESGO

RADIACIÓN (JET FIRE)

DIAGRAMA DE PETALOS

ELABORO:	P.C.E		
REVISO:	L.R.G.		
APROBO:	L.R.G.		
NÚMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISIÓN DE PLANO:	REV. 0		

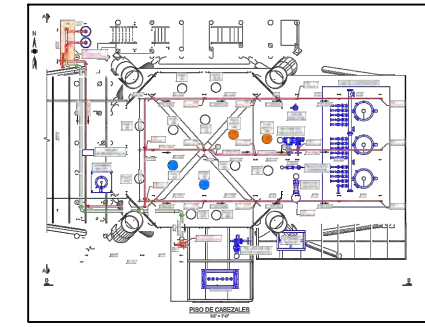
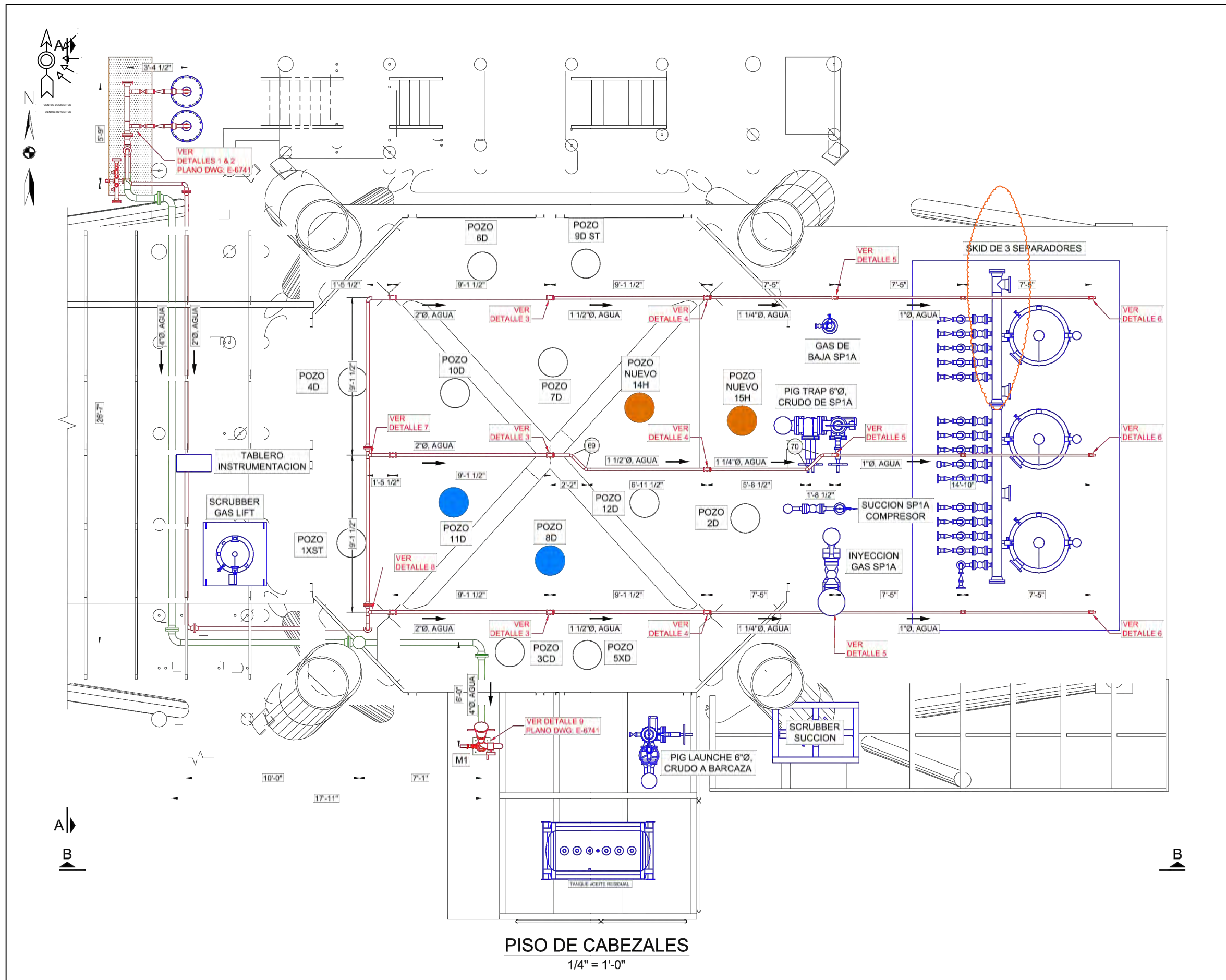
PISO DE CABEZALES
1/4" = 1'-0"



Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la
Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)



Escenario 2



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

PROYECTO:
 "DETERMINACIÓN DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- IDLH 100 PPM
- STEL 15 PPM

ESCUENARIOS: HIPÓTESIS 2	PLANO 1	FECHA: ENERO DE 2016
-----------------------------	---------	-------------------------

VENTEO DE GAS AMARGO A LA ATMÓSFERA CON POSIBLE FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA CON DAÑO AL PERSONAL Y A LA INSTALACIÓN DERIVADO DE LA APERTURA DEL BY-PASS DE LA PSV A LA SALIDA DE LOS SEPARADORES MBF-201/203/203 POR ERROR HUMANO

Nube Tóxica (5 B/C)	
CONCENTRACIÓN STEL 15 PPM	No Alcanzado
CONCENTRACIÓN IDLH 100 PPM	33.97 m

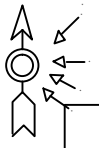


ANÁLISIS DE RIESGO

TOXICIDAD

DIAGRAMA DE PETALOS

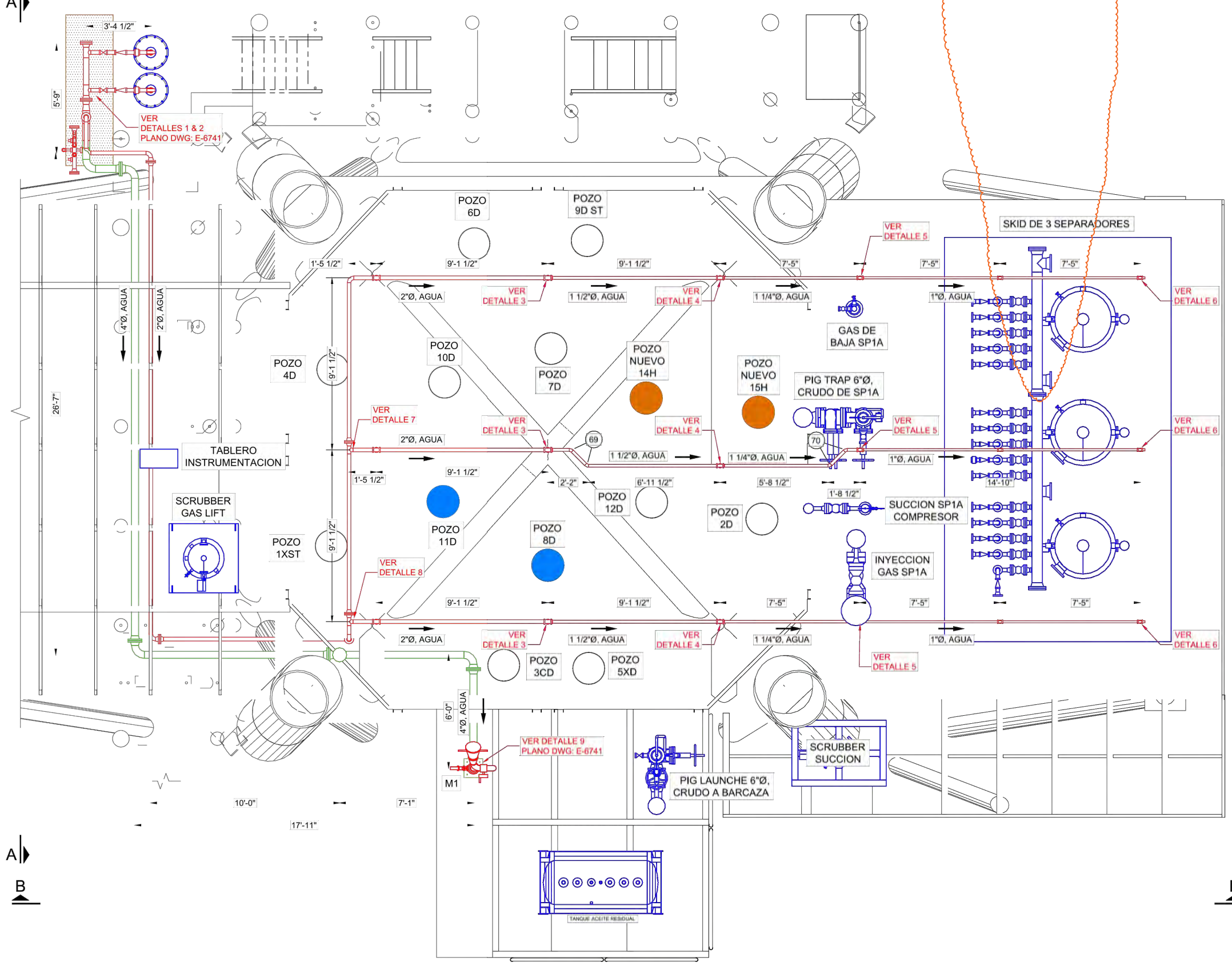
ELABORO:	P.C.E		
REVISO:	L.R.G.		
APROBO:	L.R.G.		
NUMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISION DE PLANO:	REV. 0		



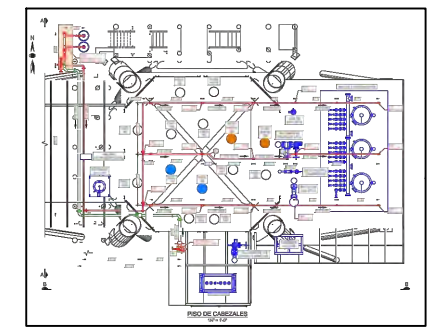
A

A

B



PISO DE CABEZALES



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

PROYECTO:
"DETERMINACIÓN DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- IDLH 100 PPM
- STEL 15 PPM

ESCENARIOS: HIPOTESIS 2	PLANO 1	FECHA: ENERO DE 2016
----------------------------	---------	-------------------------

VENTEO DE GAS AMARGO A LA ATMÓSFERA CON POSIBLE FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA CON DAÑO AL PERSONAL Y A LA INSTALACIÓN DERIVADO DE LA APERTURA DEL BY-PASS DE LA PSV A LA SALIDA DE LOS SEPARADORES MBF-201/203/203 POR ERROR HUMANO

Nube Tóxica (1.5 F)

CONCENTRACIÓN STEL 15 PPM	No Alcanzado
------------------------------	-----------------

CONCENTRACIÓN IDLH 100 PPM	76.75 m
-------------------------------	---------

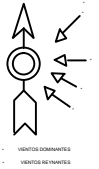


ANÁLISIS DE RIESGO

TOXICIDAD

DIAGRAMA DE PETALOS

ELABORO:	P.C.E		
REVISO:	L.R.G.		
APROBO:	L.R.G.		
NUMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISION DE PLANO:	REV. 0		



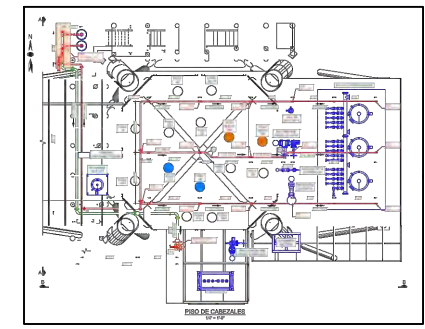
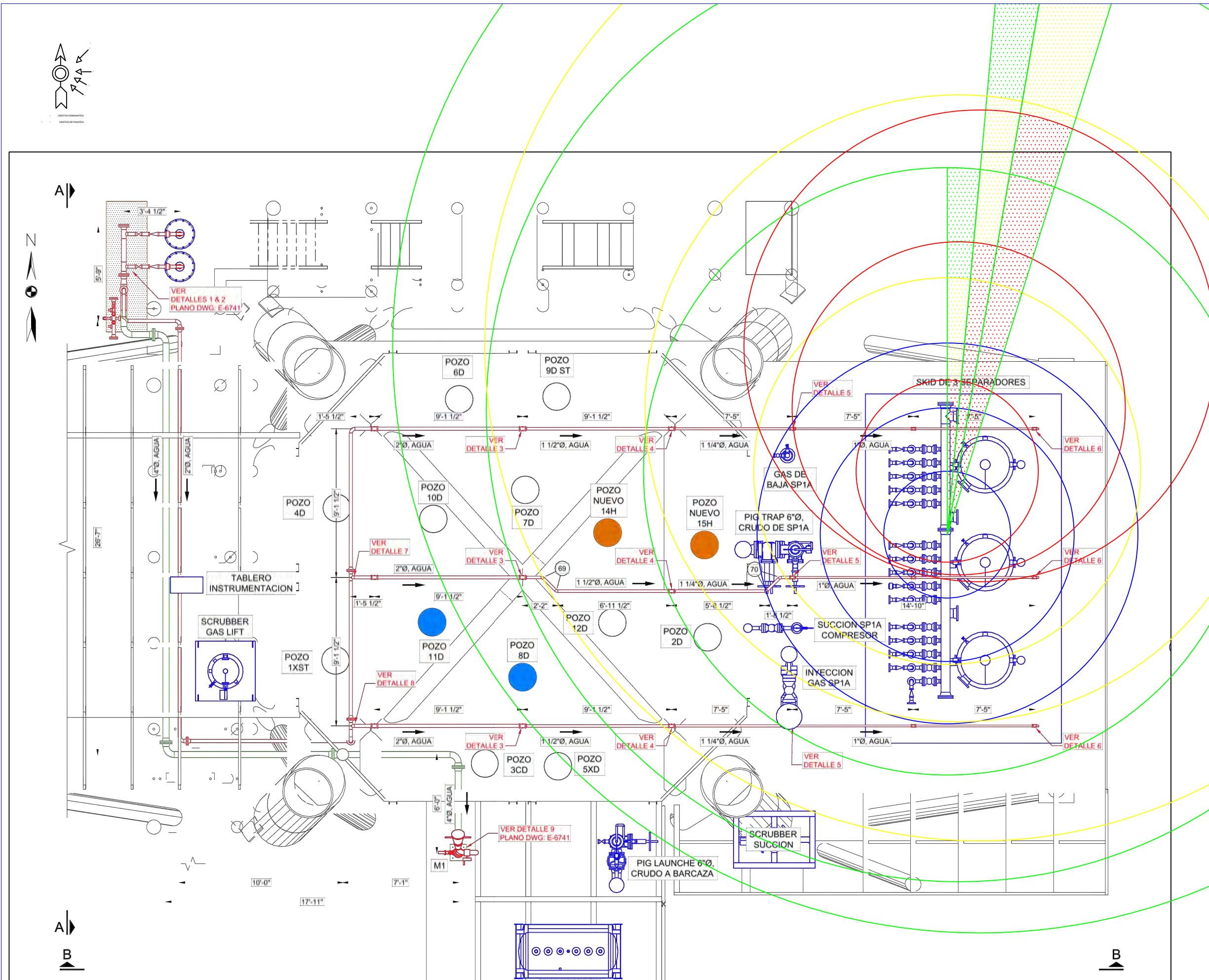
A



A

B

B



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

PROYECTO:
"DETERMINACIÓN DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- SOBREPRESIÓN (bar) 0.3
- SOBREPRESIÓN (bar) 0.6
- SOBREPRESIÓN (bar) 0.7

ESCENARIOS: HIPÓTESIS 2	PLANO 1	FECHA: ENERO DE 2016
----------------------------	---------	-------------------------

VENTEO DE GAS AMARGO A LA ATMÓSFERA CON POSIBLE FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA CON DAÑO AL PERSONAL Y A LA INSTALACIÓN DERIVADO DE LA APERTURA DEL BY-PASS DE LA PSV A LA SALIDA DE LOS SEPARADORES MBF-201/203/203 POR ERROR HUMANO

SOBREPRESIÓN 5 BC

DISTANCIA O PUNTO DE IGNICION	SOBREPRESIÓN (bar) 0.3 0.3 RESULTADOS EN (m)	SOBREPRESIÓN (bar) 0.6 0.6 RESULTADOS EN (m)	SOBREPRESIÓN (bar) 0.7 0.7 RESULTADOS EN (m)
10 mts	48.86m	30.46m	14.34m
20 mts	74.39m	49.40m	26.24m
30 mts	92.51m	63.78m	37.17m

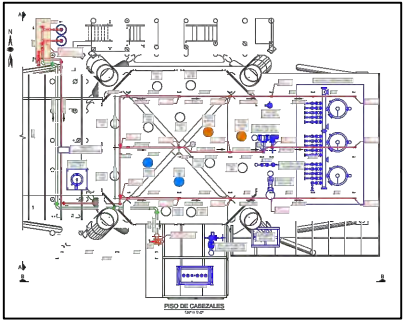
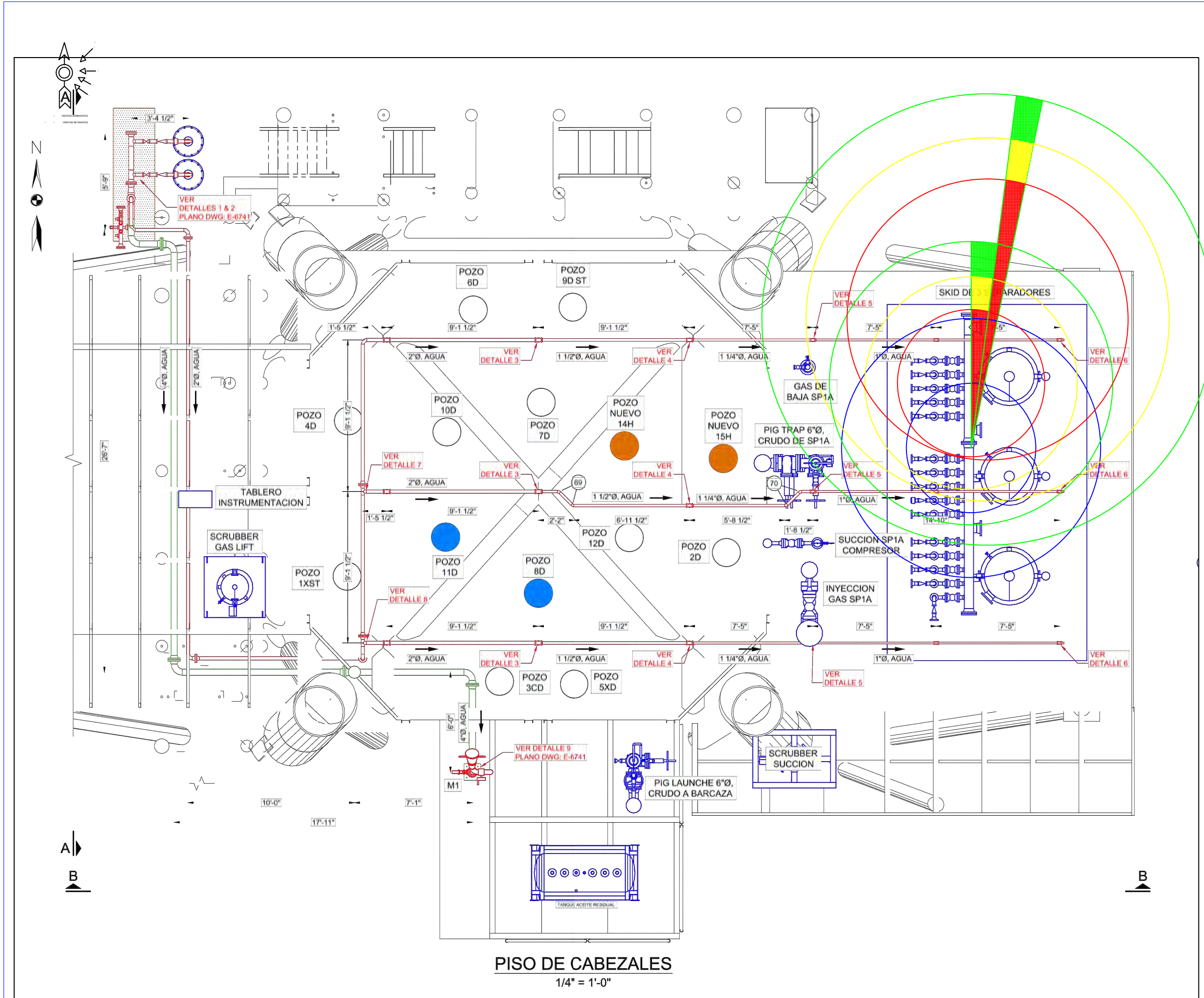


ANÁLISIS DE RIESGO

SOBREPRESIÓN

DIAGRAMA DE PETALOS

ELABORO:	P.C.E		
REVISO:	L.R.G.		
APROBO:	L.R.G.		
NUMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISION DE PLANO:	REV. 0		



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

PROYECTO:
 "DETERMINACIÓN DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- SOBRESPRESIÓN (bar) 0.3
- SOBRESPRESIÓN (bar) 0.6
- SOBRESPRESIÓN (bar) 0.7

ESCENARIOS:
 HIPÓTESIS 2 PLANO 1 FECHA:
 ENERO DE 2016

VENTEO DE GAS AMARJO A LA ATMÓSFERA CON POSIBLE FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA CON DAÑO AL PERSONAL Y A LA INSTALACIÓN DERIVADO DE LA APERTURA DEL BY-PASS DE LA PSV A LA SALIDA DE LOS SEPARADORES MBF-201/203/203 POR ERROR HUMANO

SOBRESPRESIÓN 1.5 F

DISTANCIA O PUNTO DE IGNICIÓN	SOBRESPRESIÓN (bar) 0.3 0.50 RESULTADOS EN (m)	SOBRESPRESIÓN (bar) 0.6 0.65 RESULTADOS EN (m)	SOBRESPRESIÓN (bar) 0.7 0.7 RESULTADOS EN (m)
10 mts	21.88 m	16.42m	11.36m
20 mts	34.87m	28.04m	21.71m
30 mts	No Alcanzado	No Alcanzado	No Alcanzado



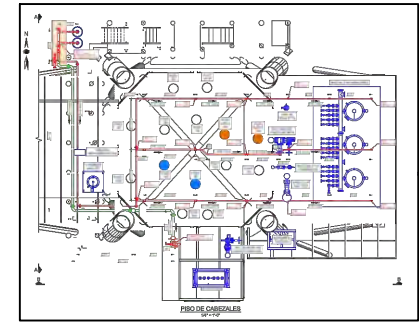
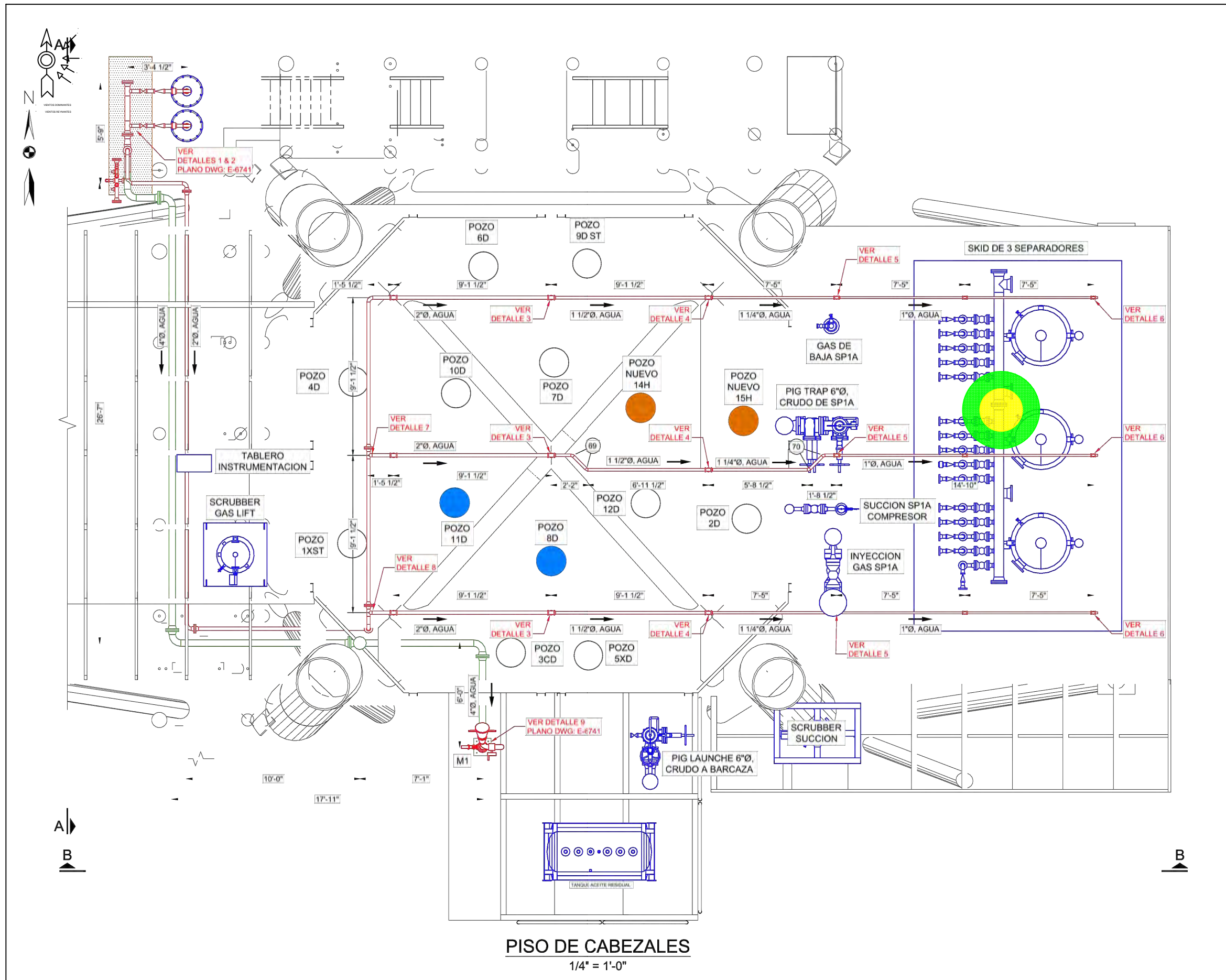
ANÁLISIS DE RIESGO

SOBRESPRESIÓN

DIAGRAMA DE PETALOS

ELABORO:	P.C.E		
REVISO:	I.R.G.		
APROBO:	I.R.G.		
NÚMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISIÓN DE PLANO:	REV. 0		

PISO DE CABEZALES
 1/4" = 1'-0"



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

PROYECTO:
 "DETERMINACIÓN DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- Zona de Amortiguamiento (1.4 Kw/m²)
- Zona de Alto Riesgo (5.0 Kw/m²)
- Efecto Domino (37.5 Kw/m²)

ESCENARIOS: HIPÓTESIS 2	PLANO 1	FECHA: ENERO DE 2016
----------------------------	---------	-------------------------

VENTEO DE GAS AMARGO A LA ATMOSFERA CON POSIBLE FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA CON DAÑO AL PERSONAL Y A LA INSTALACIÓN DERIVADO DE LA APERTURA DEL BY-PASS DE LA PSV A LA SALIDA DE LOS SEPARADORES MBF-2012/203/203 POR ERROR HUMANO

RADIACIÓN (5 B/C)

DAÑO A EQUIPOS 37.5 (Kw/m ²)	NO ALCANZADO
ZONA DE ALTO RIESGO 5.0 (Kw/m ²)	3.15 m
ZONA DE AMORTIGUAMIENTO 1.4 (Kw/m ²)	5.72 m

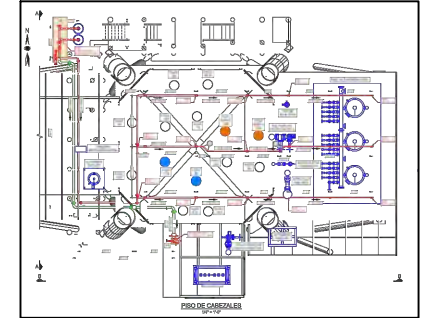
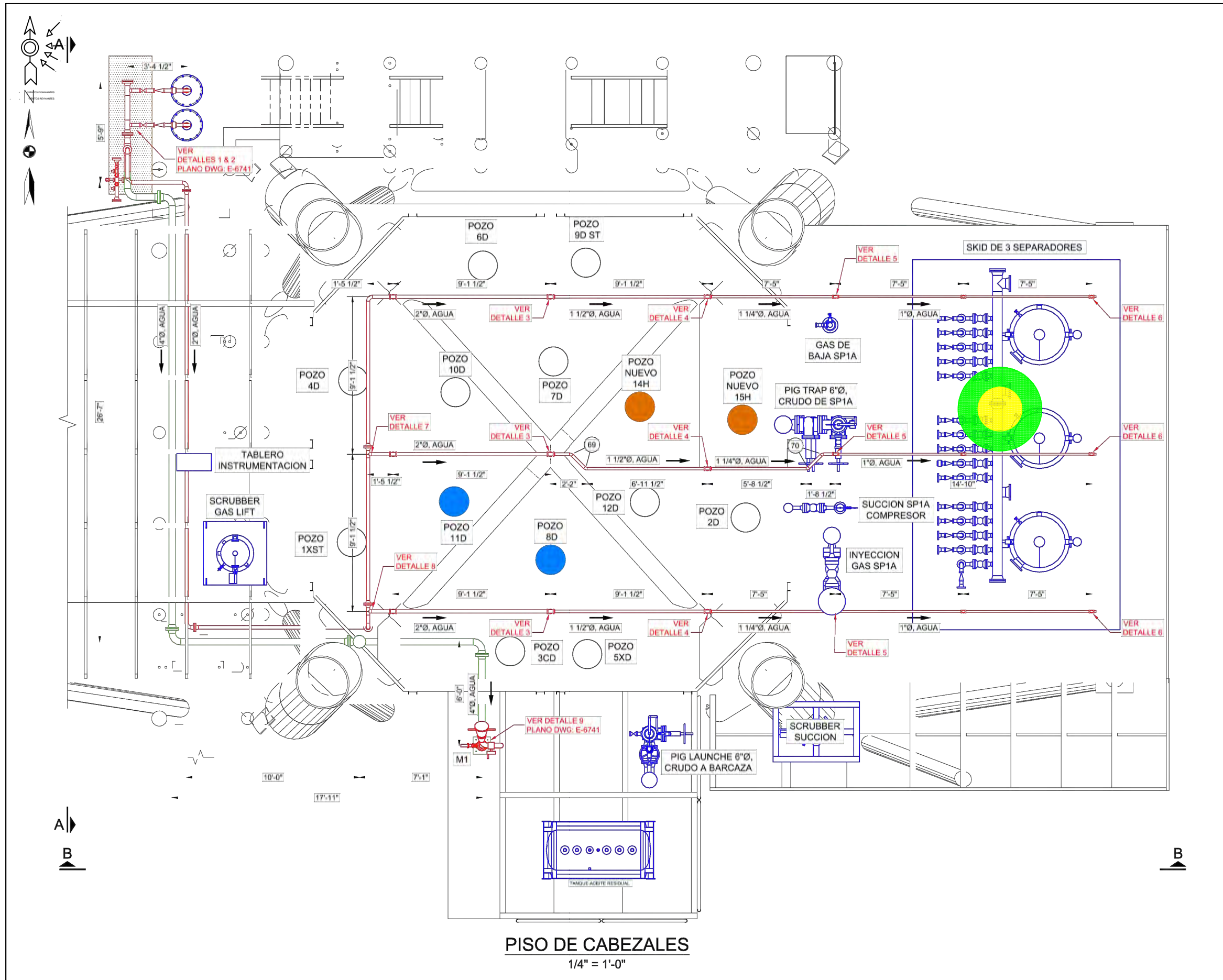


ANÁLISIS DE RIESGO

RADIACIÓN (JET FIRE)

DIAGRAMA DE PETALOS

ELABORO:	P.C.E		
REVISO:	I.R.G.		
APROBO:	I.R.G.		
NUMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISION DE PLANO:	REV. 0		



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

PROYECTO:
 "DETERMINACIÓN DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- Zona de Amortiguamiento (1.4 Kw/m²)
- Zona de Alto Riesgo (5.0 Kw/m²)
- Efecto Domino (37.5 Kw/m²)

ESCENARIOS: HIPÓTESIS 2	PLANO 1	FECHA: ENERO DE 2016
----------------------------	---------	-------------------------

VENTEO DE GAS AMARGO A LA ATMOSFERA CON POSIBLE FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA CON DAÑO AL PERSONAL Y A LA INSTALACIÓN DERIVADO DE LA APERTURA DEL BY-PASS DE LA PSV A LA SALIDA DE LOS SEPARADORES MBF-201/203/203 POR ERROR HUMANO

RADIACIÓN (1.5 F)	
DAÑO A EQUIPOS 37.5 (Kw/m ²)	NO ALCANZADO
ZONA DE ALTO RIESGO 5.0 (Kw/m ²)	3.26 m
ZONA DE AMORTIGUAMIENTO 1.4 (Kw/m ²)	6.22 m



ANÁLISIS DE RIESGO

RADIACIÓN (JET FIRE)

DIAGRAMA DE PETALOS

ELABORO:	P.C.E		
REVISO:	I.R.G.		
APROBO:	I.R.G.		
NUMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISION DE PLANO:	REV. 0		

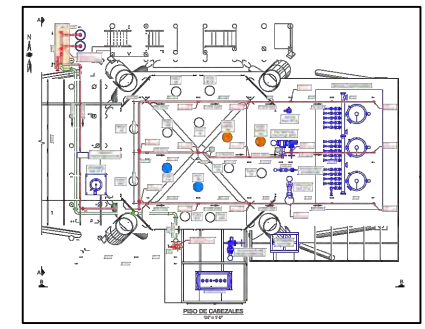
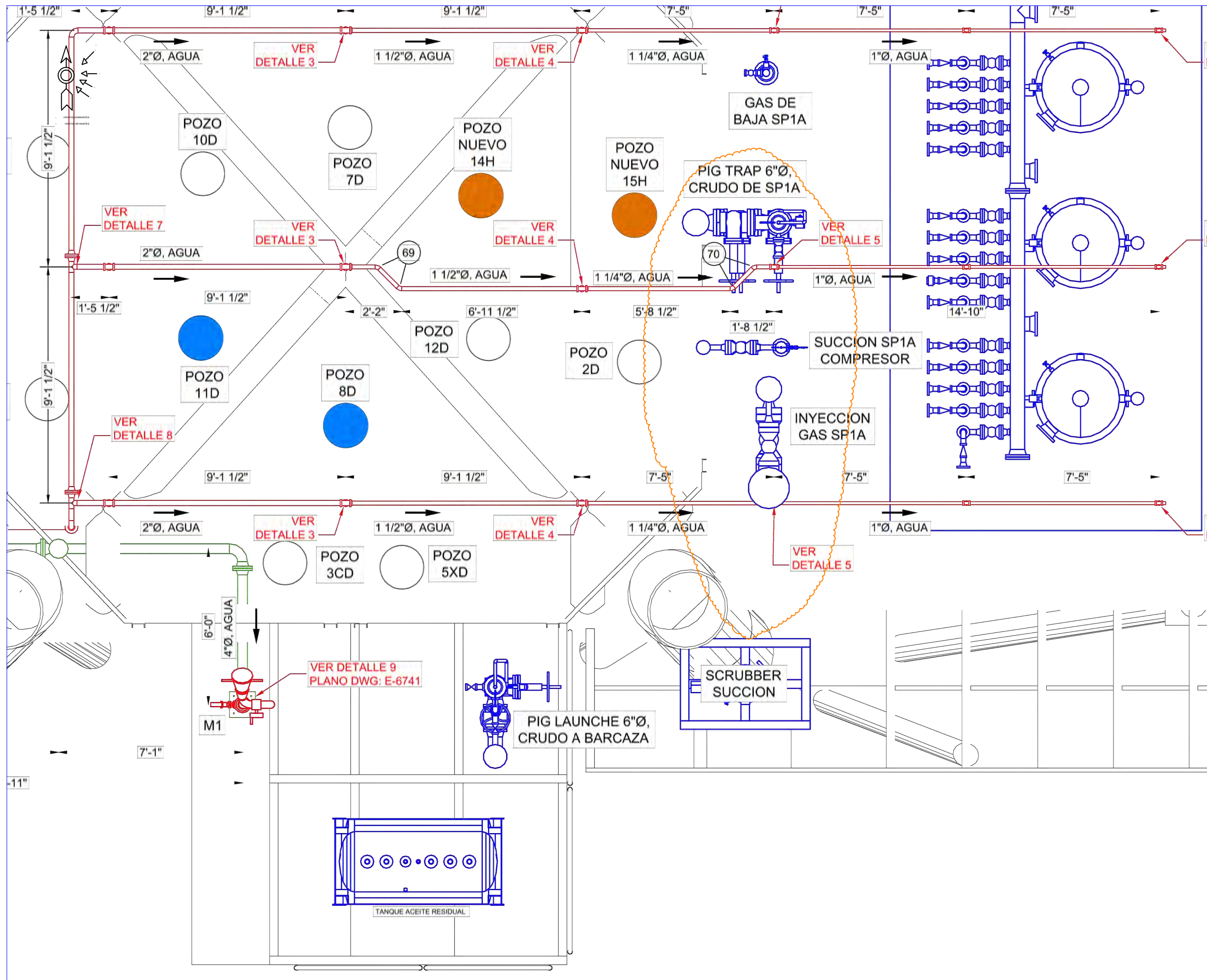
PISO DE CABEZALES
 1/4" = 1'-0"



Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la
Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)



Escenario 3



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

PROYECTO:
 "DETERMINACIÓN DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- IDLH 100 PPM
- STEL 15 PPM

ESCENARIOS: HIPÓTESIS 3	PLANO 1	FECHA: ENERO DE 2016
----------------------------	---------	-------------------------

FUGA DE GAS AMARGO DEBIDO A UNA SOBREPRESION EN EL MBF-301 CON POSIBLE FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA, INCENDIO Y EXPLOSIÓN CON DAÑO AL PERSONAL, MEDIO AMBIENTE Y A LA INSTALACIÓN DERIVADO DEL PARO DEL COMPRESOR POR FALLA MECANICA CAS-401.

Nube Tóxica (5 B/C)

CONCENTRACIÓN STEL 15 PPM	No Alcanzado
CONCENTRACIÓN IDLH 100 PPM	48.97m

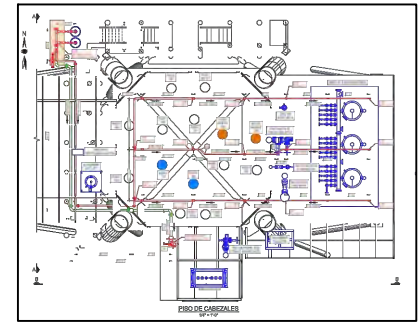
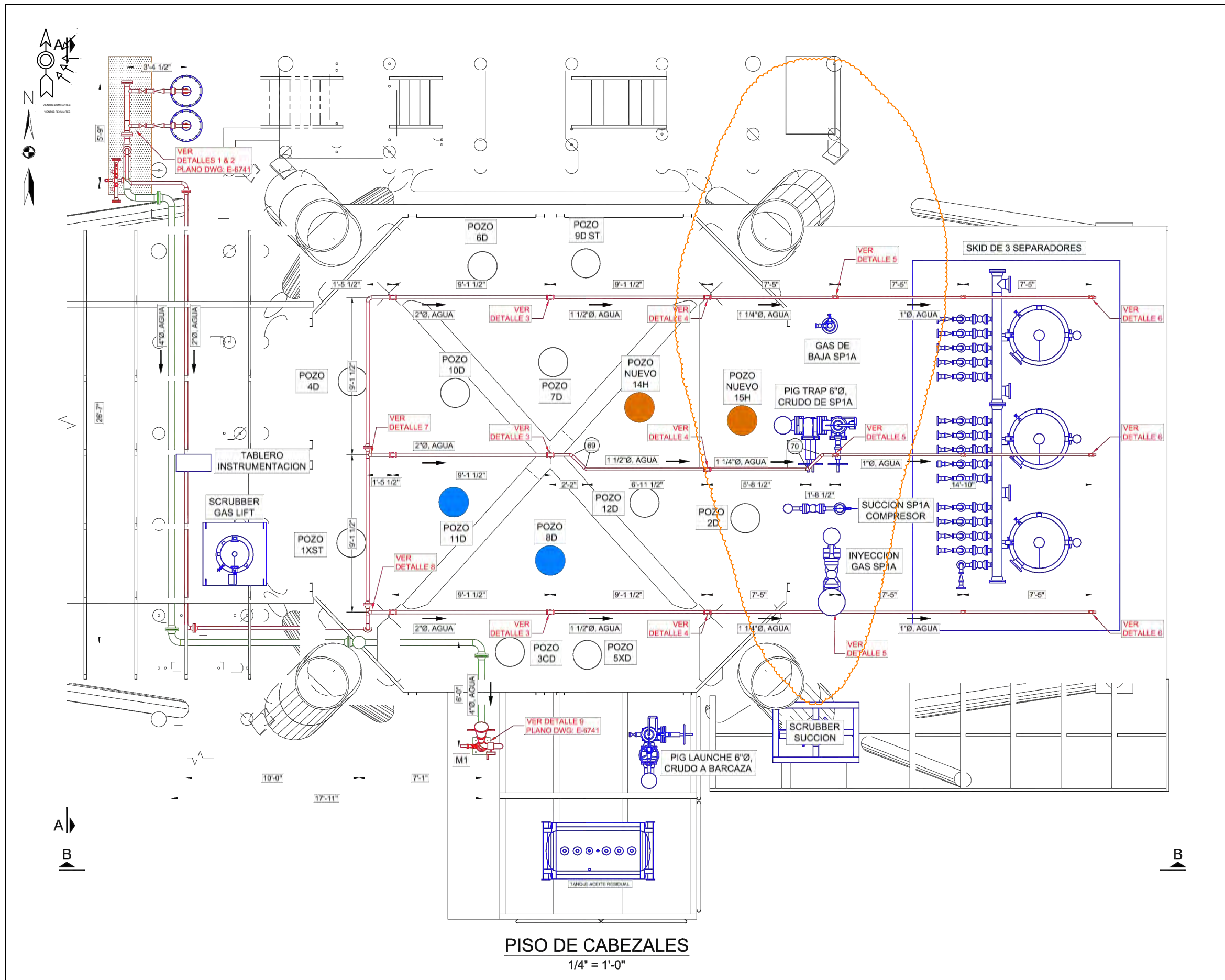


ANÁLISIS DE RIESGO

TOXICIDAD

DIAGRAMA DE PETALOS

ELABORO:	P.C.E		
REVISO:	I.R.G.		
APROBO:	I.R.G.		
NUMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISION DE PLANO:	REV. 0		



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

PROYECTO:
"DETERMINACIÓN DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- IDLH 100 PPM
- STEL 15 PPM

ESCENARIOS: HIPÓTESIS 3	PLANO 1	FECHA: ENERO DE 2016
----------------------------	---------	-------------------------

FUGA DE GAS AMARGO DEBIDO A UNA SOBREPRESION EN EL MBF-301 CON POSIBLE FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA, INCENDIO Y EXPLOSIÓN CON DAÑO AL PERSONAL, MEDIO AMBIENTE Y A LA INSTALACIÓN DERIVADO DEL PARO DEL COMPRESOR POR FALLA MECANICA CAS-401.

Nube Tóxica (1.5 F)

CONCENTRACIÓN STEL 15 PPM	No Alcanzado
CONCENTRACIÓN IDLH 100 PPM	96.12m

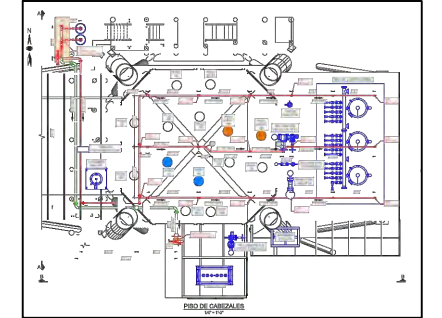
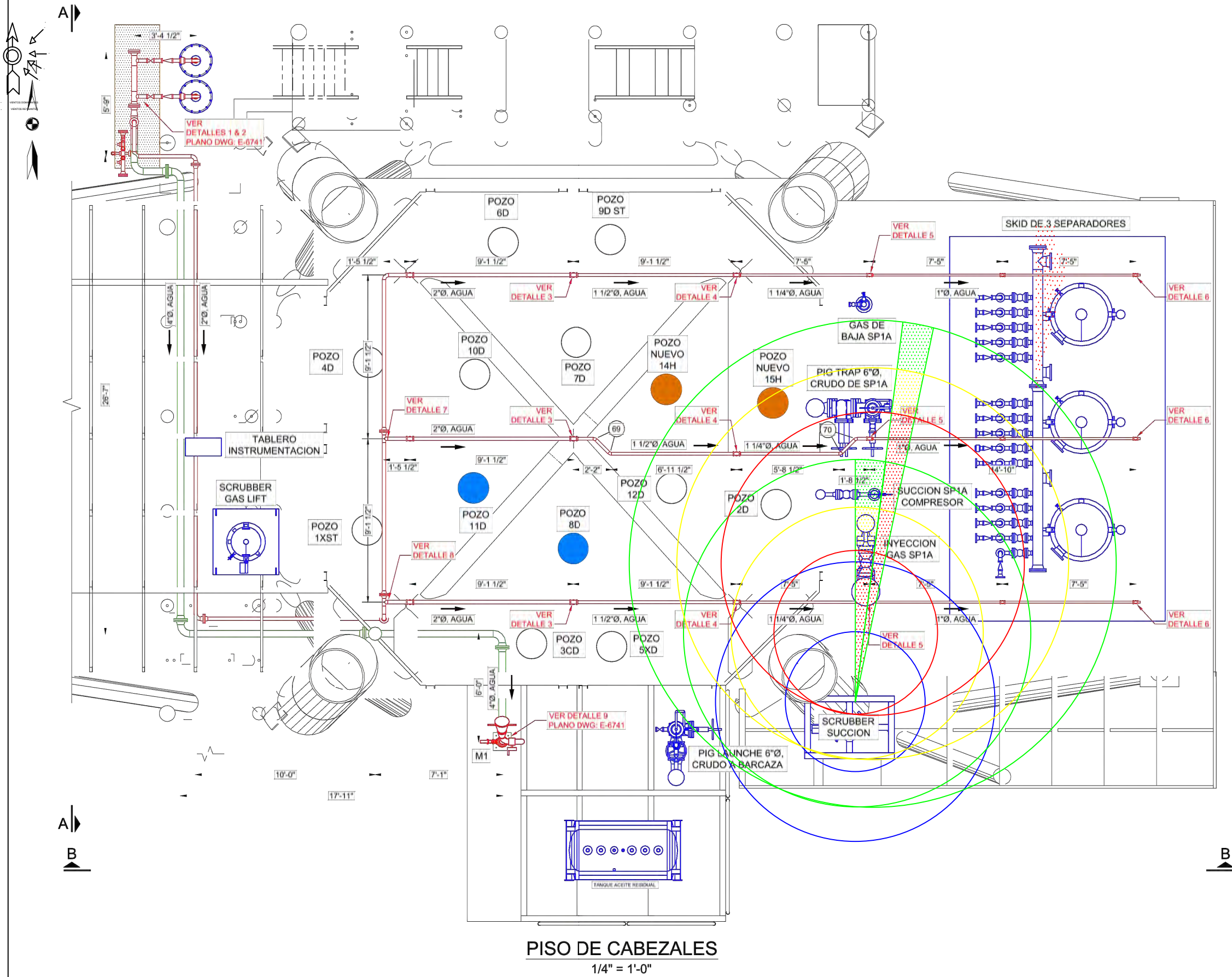


ANÁLISIS DE RIESGO

TOXICIDAD

DIAGRAMA DE PETALOS

ELABORO:	P.C.E		
REVISO:	I.R.G.		
APROBO:	I.R.G.		
NUMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISION DE PLANO:	REV. 0		



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

PROYECTO:
 "DETERMINACIÓN DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- SOBREPRESIÓN (bar) 0.3
- SOBREPRESIÓN (bar) 0.6
- SOBREPRESIÓN (bar) 0.7

ESCENARIOS: HIPÓTESIS 3	PLANO 1	FECHA: ENERO DE 2016
----------------------------	---------	-------------------------

FUGA DE GAS AMARGO DEBIDO A UNA SOBREPRESION EN EL MBF-301 CON POSIBLE FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA, INCENDIO Y EXPLOSIÓN CON DAÑO AL PERSONAL, MEDIO AMBIENTE Y A LA INSTALACIÓN DERIVADO DEL PARO DEL COMPRESOR POR FALLA MECANICA CAS-401.

SOBREPRESIÓN 1.5 F

DISTANCIA O PUNTO DE IGNICIÓN	SOBREPRESIÓN (bar) 0.3 0.03 RESULTADOS EN (m)	SOBREPRESIÓN (bar) 0.6 0.06 RESULTADOS EN (m)	SOBREPRESIÓN (bar) 0.7 0.7 RESULTADOS EN (m)
10 mts	24.87m	18.04m	11.71m
20 mts	34.87m	28.04m	21.71m
30 mts	No Alcanzado	No Alcanzado	No Alcanzado

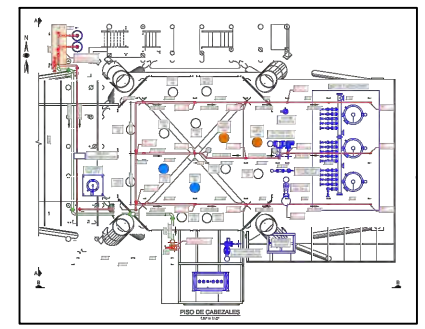
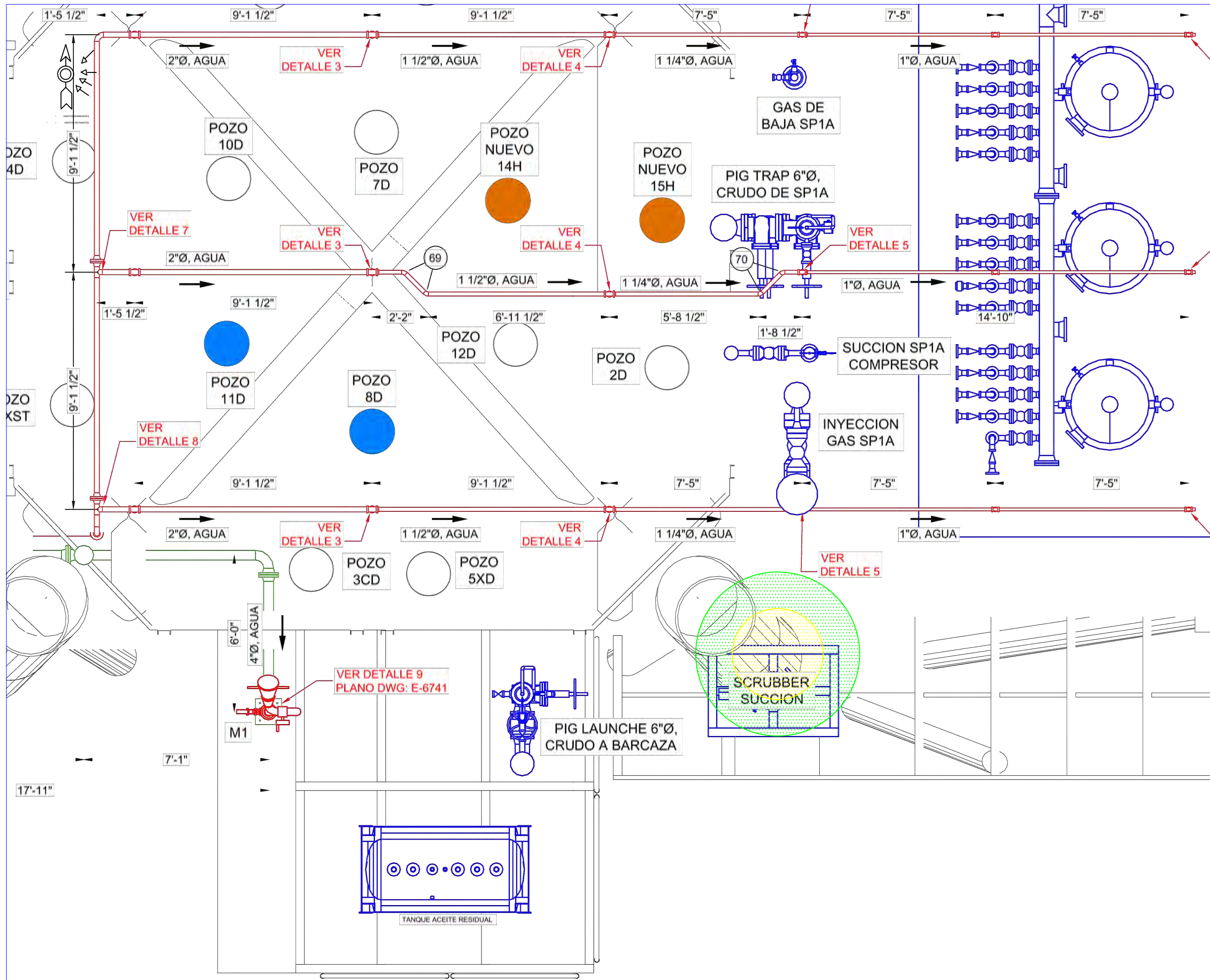


ANÁLISIS DE RIESGO

SOBREPRESIÓN

DIAGRAMA DE PETALOS

ELABORO:	P.C.E		
REVISO:	I.R.G.		
APROBO:	I.R.G.		
NÚMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISIÓN DE PLANO:	REV. 0		



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

PROYECTO:
 "DETERMINACIÓN DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- Zona de Amortiguamiento (1.4 Kw/m²)
- Zona de Alto Riesgo (5.0 Kw/m²)
- Efecto Domino (37.5 Kw/m²)

ESCENARIOS:
 HIPÓTESIS 3 PLANO 1 FECHA:
 ENERO DE 2016

FUGA DE GAS AMARGO DEBIDO A UNA SOBREPRESION EN EL MBF-301 CON POSIBLE FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA, INCENDIO Y EXPLOSIÓN CON DAÑO AL PERSONAL, MEDIO AMBIENTE Y A LA INSTALACIÓN DERIVADO DEL PARO DEL COMPRESOR POR FALLA MECÁNICA CAS-401.

RADIACIÓN (5 B/C)

DAÑO A EQUIPOS 37.5 (Kw/m ²)	No Alcanzado
ZONA DE ALTO RIESGO 5.0 (Kw/m ²)	4.49m
ZONA DE AMORTIGUAMIENTO 1.4 (Kw/m ²)	8.09m

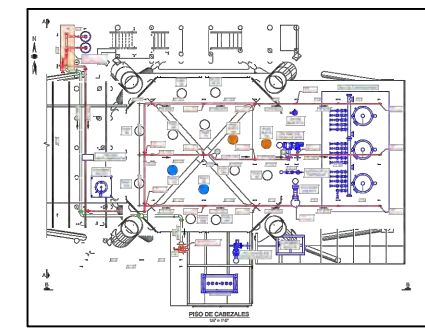
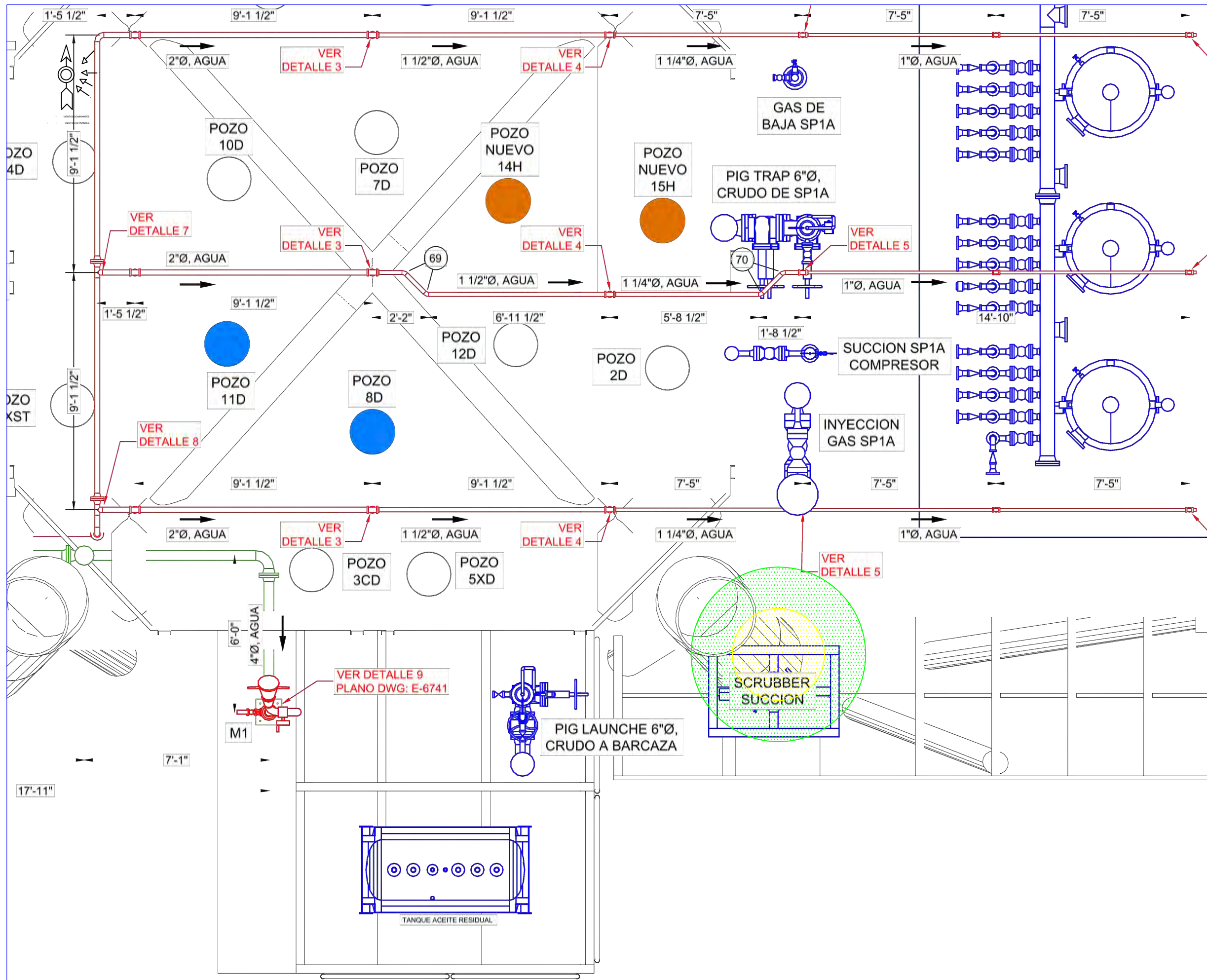


ANÁLISIS DE RIESGO

RADIACIÓN (JET FIRE)

DIAGRAMA DE PETALOS

ELABORO:	P.C.E		
REVISO:	I.R.G.		
APROBO:	I.R.G.		
NUMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISION DE PLANO:	REV. 0		



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

PROYECTO:
 "DETERMINACIÓN DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- Zona de Amortiguamiento (1.4 Kw/m²)
- Zona de Alto Riesgo (5.0 Kw/m²)
- Efecto Domino (37.5 Kw/m²)

ESCENARIOS:
 HIPÓTESIS 3 PLANO 1 FECHA:
 ENERO DE 2016

FUGA DE GAS AMARGO DEBIDO A UNA SOBREPRESION EN EL MBF-301 CON POSIBLE FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA, INCENDIO Y EXPLOSIÓN CON DAÑO AL PERSONAL, MEDIO AMBIENTE Y A LA INSTALACIÓN DERIVADO DEL PARO DEL COMPRESOR POR FALLA MECANICA CAS-401.

RADIACIÓN (1.5 F)

DAÑO A EQUIPOS 37.5 (Kw/m ²)	No Alcanzado
ZONA DE ALTO RIESGO 5.0 (Kw/m ²)	4.54m
ZONA DE AMORTIGUAMIENTO 1.4 (Kw/m ²)	8.60m



ANÁLISIS DE RIESGO

RADIACIÓN (JET FIRE)

DIAGRAMA DE PETALOS

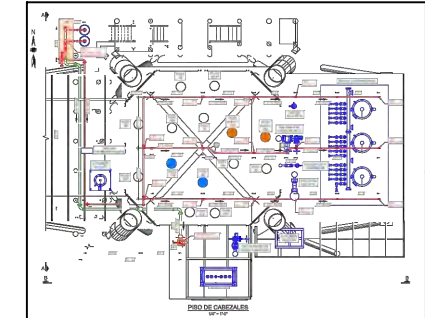
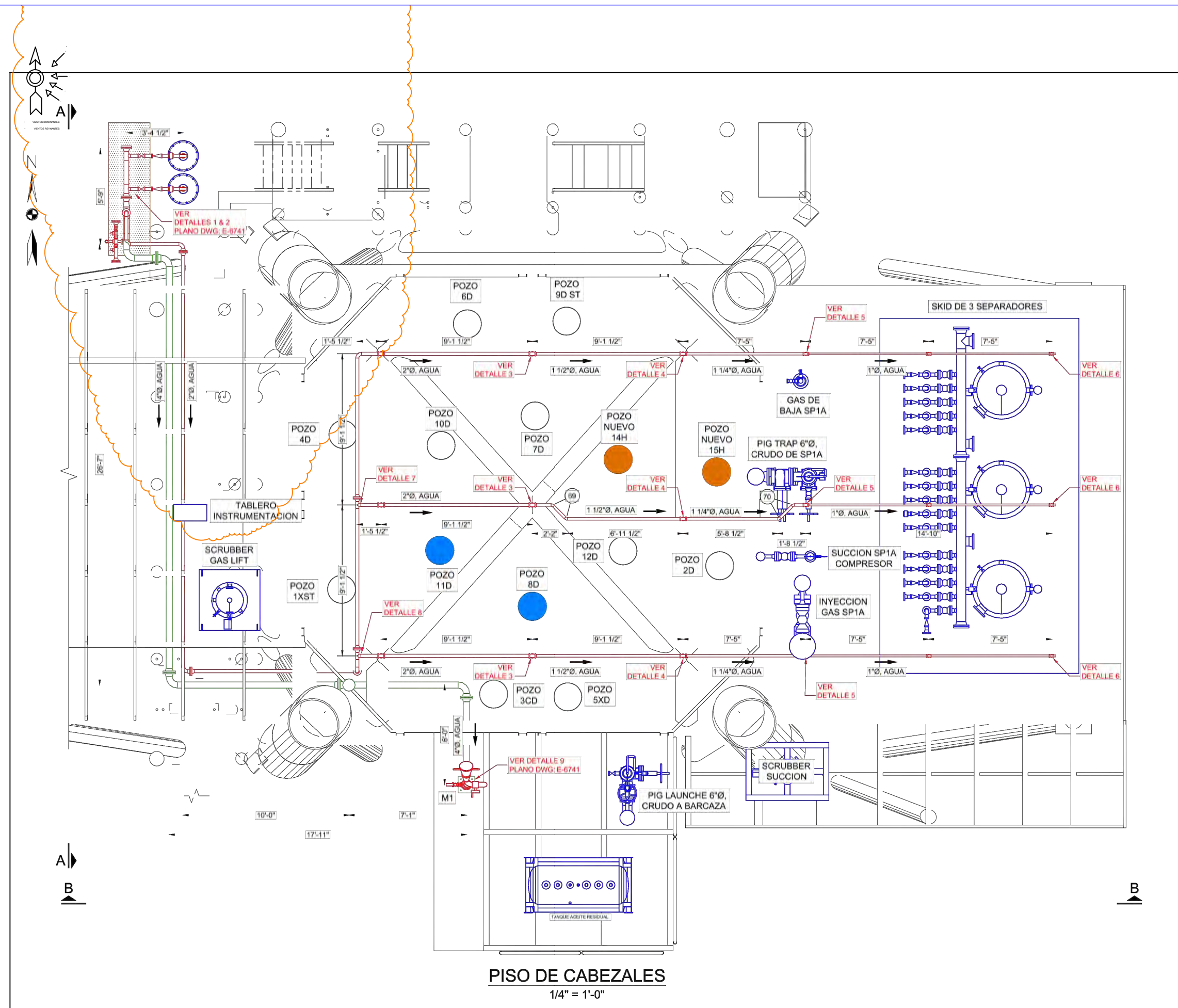
ELABORO:	P.C.E		
REVISO:	L.R.G.		
APROBO:	L.R.G.		
NUMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISION DE PLANO:	REV. 0		



Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la
Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)



Escenario 4



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

PROYECTO:
 "DETERMINACIÓN DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- IDLH 100 PPM
- STEL 15 PPM

ESCENARIOS: HIPÓTESIS 4	PLANO 1	FECHA: ENERO DE 2016
FUGA DE GAS AMARGO EN UNIONES BRIDADAS DEBIDO A UNA SOBREPRESIÓN EN LÍNEA DE DESCARGA DEL COMPRESOR, CON POSIBLE FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA, INCENDIO, EXPLOSIÓN CON DAÑO AL PERSONAL, MEDIO AMBIENTE Y A LAS INSTALACIONES DEBIDO AL CIERRE DE LA VÁLVULA MANUAL BF-30201 POR ERROR HUMANO.		

Nube Tóxica (1.5 F)	
CONCENTRACIÓN STEL 15 PPM	No Alcanzado
CONCENTRACIÓN IDLH 100 PPM	123.22m

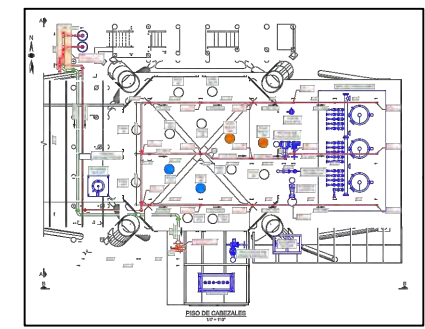
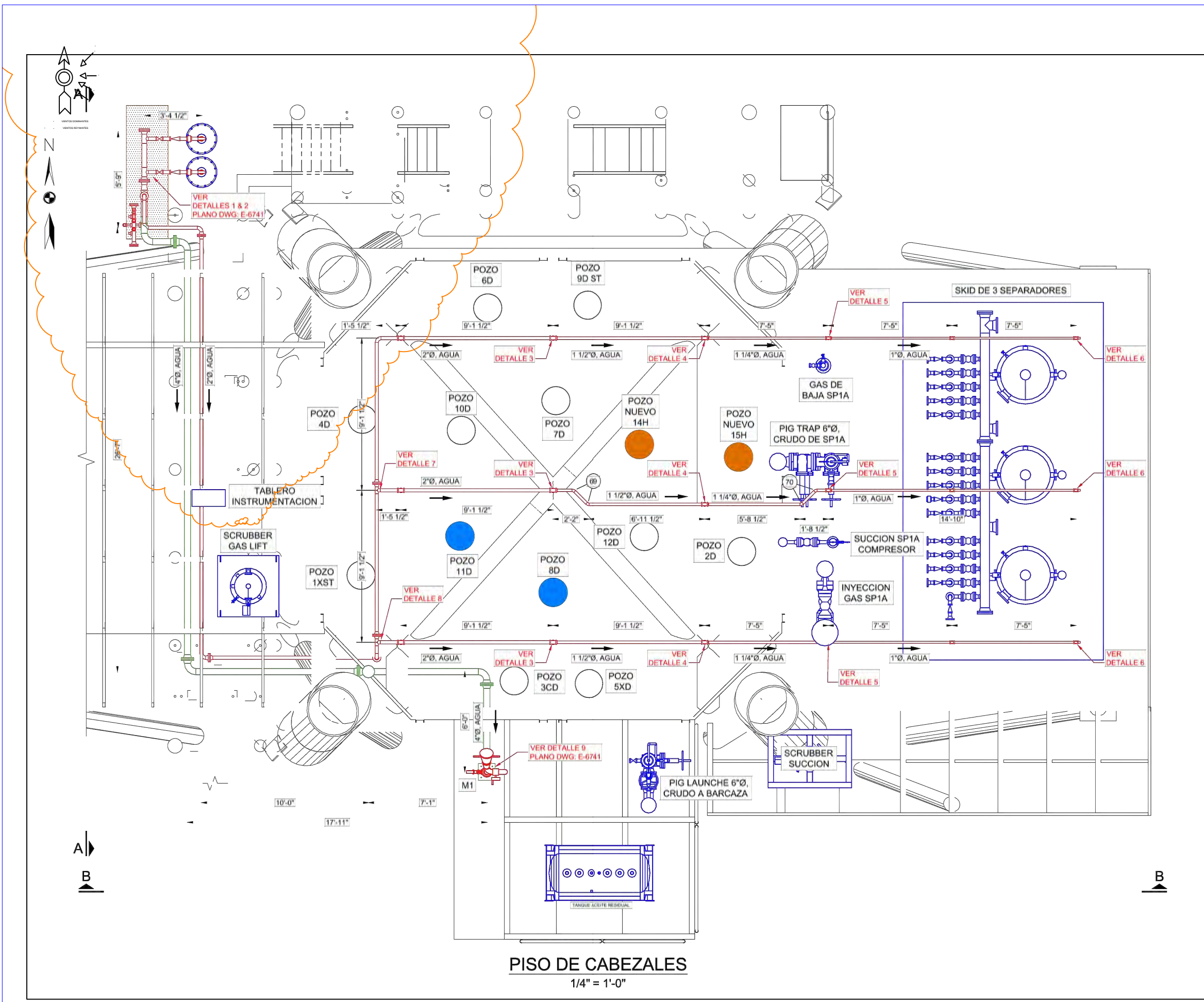


ANÁLISIS DE RIESGO

TOXICIDAD

DIAGRAMA DE PETALOS

ELABORO:	P.G.E		
REVISO:	L.R.G.		
APROBO:	L.R.G.		
NUMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISION DE PLANO:	REV. 0		



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

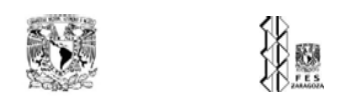
PROYECTO:
"DETERMINACIÓN DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- IDLH 100 PPM
- STEL 15 PPM

ESCENARIOS: HIPÓTESIS 4	PLANO 1	FECHA: ENERO DE 2016
FUGA DE GAS AMARGO EN UNIONES BRIDADAS DEBIDO A UNA SOBREPRESIÓN EN LÍNEA DE DESCARGA DEL COMPRESOR, CON POSIBLE FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA, INCENDIO, EXPLOSIÓN CON DAÑO AL PERSONAL, MEDIO AMBIENTE Y A LAS INSTALACIONES DEBIDO AL CIERRE DE LA VÁLVULA MANUAL BF-30201 POR ERROR HUMANO.		
Nube Tóxica (1.5 F)		

CONCENTRACIÓN STEL 15 PPM	No Alcanzado
CONCENTRACIÓN IDLH 100 PPM	208.839m

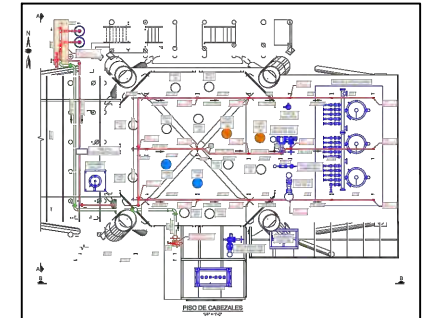
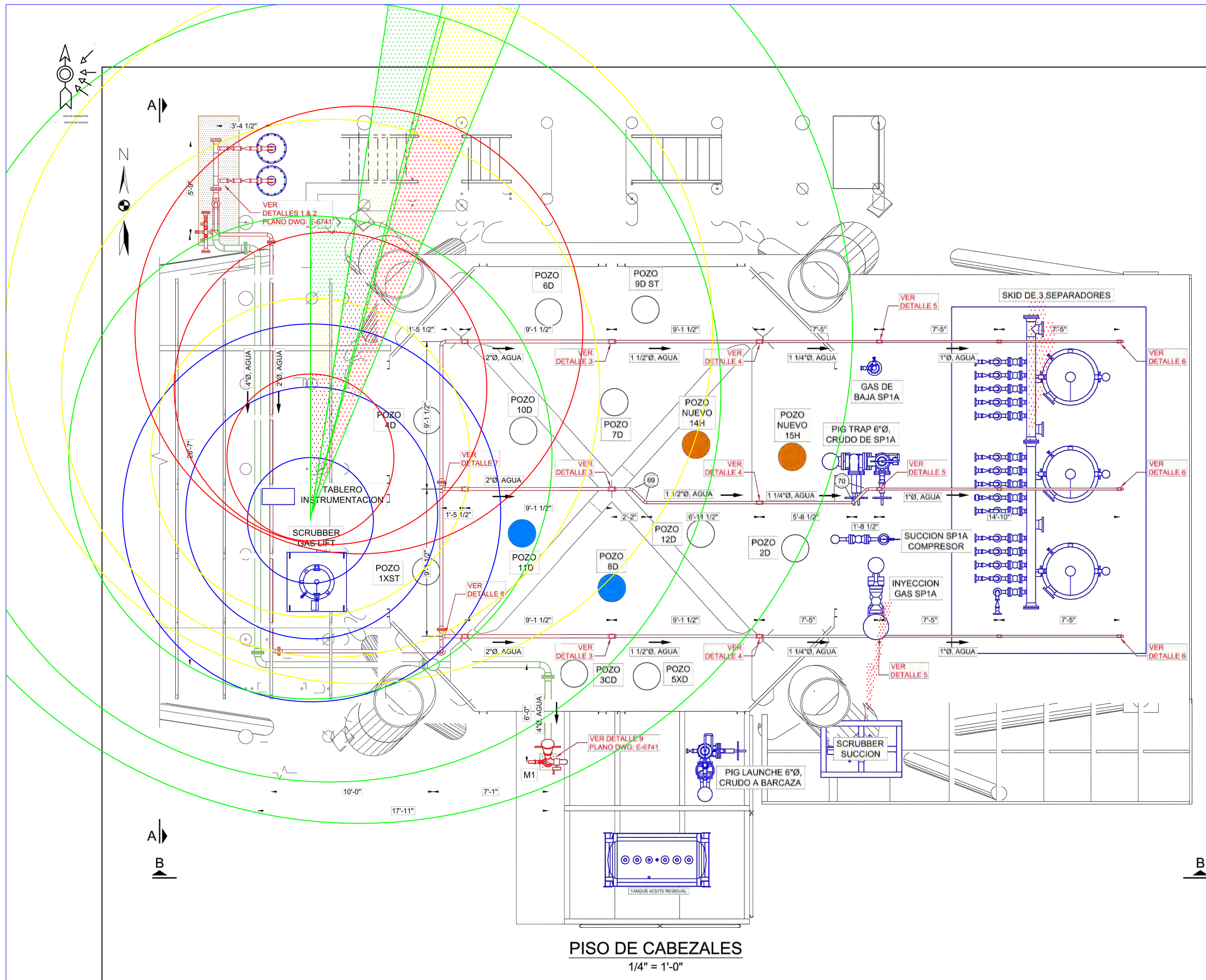


ANÁLISIS DE RIESGO

TOXICIDAD

DIAGRAMA DE PETALOS

ELABORO:	P.C.E		
REVISO:	I.R.G.		
APROBO:	I.R.G.		
NUMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISION DE PLANO:	REV. 0		



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

PROYECTO:
"DETERMINACIÓN DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- SOBREPRESIÓN (bar) 0.3
- SOBREPRESIÓN (bar) 0.6
- SOBREPRESIÓN (bar) 0.7

ESCENARIOS:
HIPÓTESIS 4 **PLANO 1** **FECHA: ENERO DE 2016**

FUGA DE GAS AMARGO EN UNIONES BRIDADAS DEBIDO A UNA SOBREPRESIÓN EN LÍNEA DE DESCARGA DEL COMPRESOR, CON POSIBLE FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA, INCENDIO, EXPLOSIÓN CON DAÑO AL PERSONAL, MEDIO AMBIENTE Y A LAS INSTALACIONES DEBIDO AL CIERRE DE LA VÁLVULA MANUAL BF-30201 POR ERROR HUMANO

SOBREPRESIÓN 1.5 F

DISTANCIA O PUNTO DE IGNICIÓN	SOBREPRESIÓN (bar) 0.3 RESULTADOS EN (m)	SOBREPRESIÓN (bar) 0.6 RESULTADOS EN (m)	SOBREPRESIÓN (bar) 0.7 RESULTADOS EN (m)
10 mts	38.37m	25.33m	13.26m
20 mts	62.05m	42.73m	24.82m
30 mts	78.35	56.13	35.55m

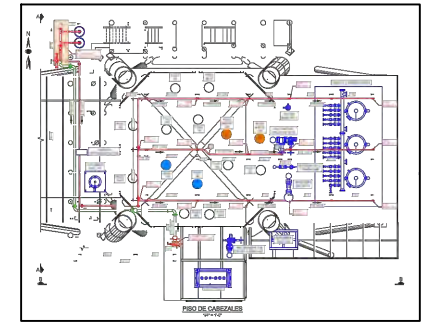
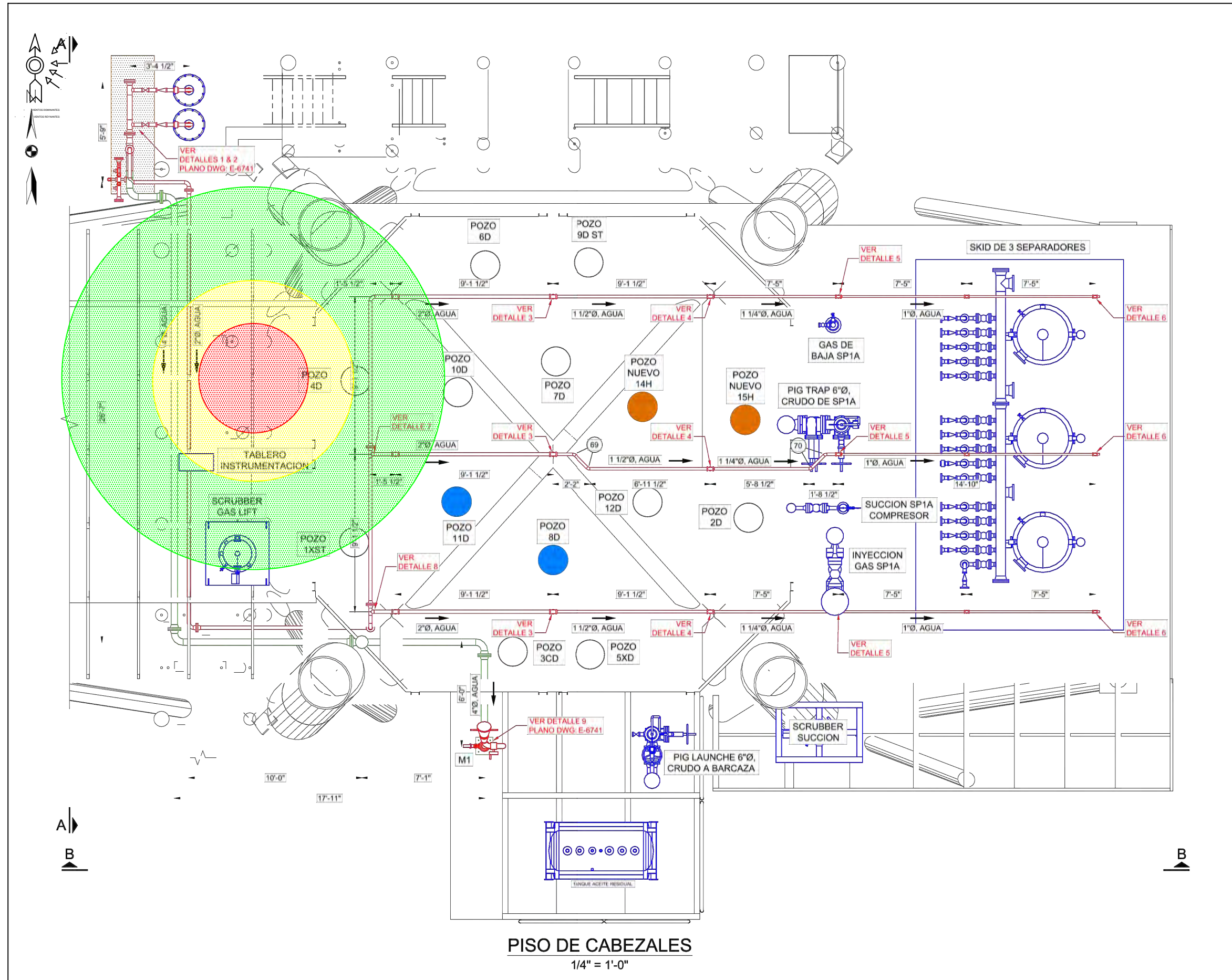


ANÁLISIS DE RIESGO

SOBREPRESIÓN

DIAGRAMA DE PETALOS

ELABORO:	P.C.E		
REVISO:	I.R.G.		
APROBO:	I.R.G.		
NUMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISION DE PLANO:	REV. 0		



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

PROYECTO:
 "DETERMINACIÓN DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- Zona de Amortiguamiento (1.4 Kw/m²)
- Zona de Alto Riesgo (5.0 Kw/m²)
- Efecto Domino (37.5 Kw/m²)

ESCENARIOS:
 HIPÓTESIS 4 PLANO 1 FECHA:
 ENERO DE 2016

FUGA DE GAS AMARGO EN UNIONES BRIDADAS DEBIDO A UNA SOBREPRESIÓN EN LÍNEA DE DESCARGA DEL COMPRESOR, CON POSIBLE FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA, INCENDIO, EXPLOSIÓN CON DAÑO AL PERSONAL, MEDIO AMBIENTE Y A LAS INSTALACIONES DEBIDO AL CIERRE DE LA VÁLVULA MANUAL BF-30201 POR ERROR HUMANO.

RADIACIÓN (5 B/C)

DAÑO A EQUIPOS 37.5 (Kw/m ²)	8.12m
ZONA DE ALTO RIESGO 5.0 (Kw/m ²)	14.93m
ZONA DE AMORTIGUAMIENTO 1.4 (Kw/m ²)	28.43m

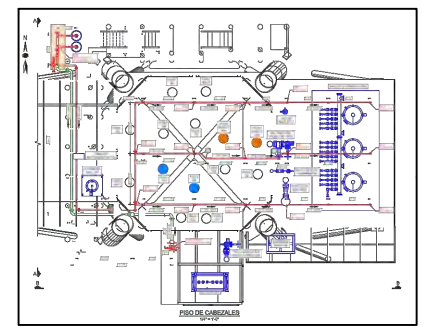
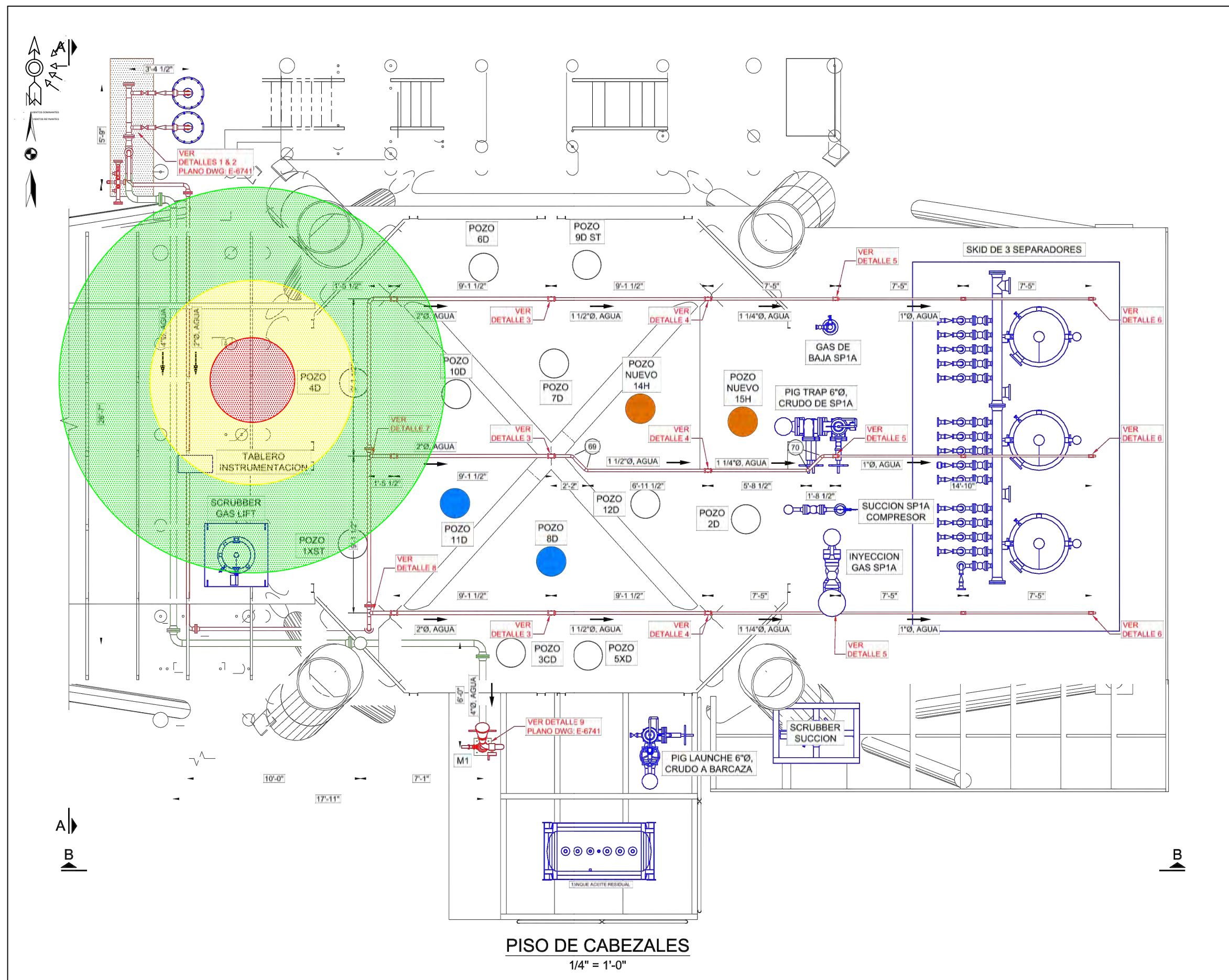


ANÁLISIS DE RIESGO

RADIACIÓN (JET FIRE)

DIAGRAMA DE PETALOS

ELABORO:	P.C.E		
REVISO:	I.R.G.		
APROBO:	I.R.G.		
NUMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISION DE PLANO:	REV. 0		



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

PROYECTO:
 "DETERMINACIÓN DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- Zona de Amortiguamiento (1.4 Kw/m²)
- Zona de Alto Riesgo (5.0 Kw/m²)
- Efecto Domino (37.5 Kw/m²)

ESCENARIOS:
 HIPÓTESIS 4 PLANO 1 FECHA:
 ENERO DE 2016

FUGA DE GAS AMARGO EN UNIONES BRIDADAS DEBIDO A UNA SOBREPRESIÓN EN LÍNEA DE DESCARGA DEL COMPRESOR, CON POSIBLE FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA, INCENDIO, EXPLOSIÓN CON DAÑO AL PERSONAL, MEDIO AMBIENTE Y A LAS INSTALACIONES DEBIDO AL CIERRE DE LA VÁLVULA MANUAL BF-30201 POR ERROR HUMANO.

RADIACIÓN (1.5 F)

DAÑO A EQUIPOS 37.5 (Kw/m ²)	6.32m
ZONA DE ALTO RIESGO 5.0 (Kw/m ²)	15.21m
ZONA DE AMORTIGUAMIENTO 1.4 (Kw/m ²)	28.74m



ANÁLISIS DE RIESGO

RADIACIÓN (JET FIRE)

DIAGRAMA DE PETALOS

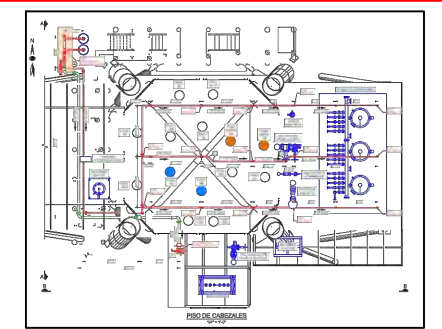
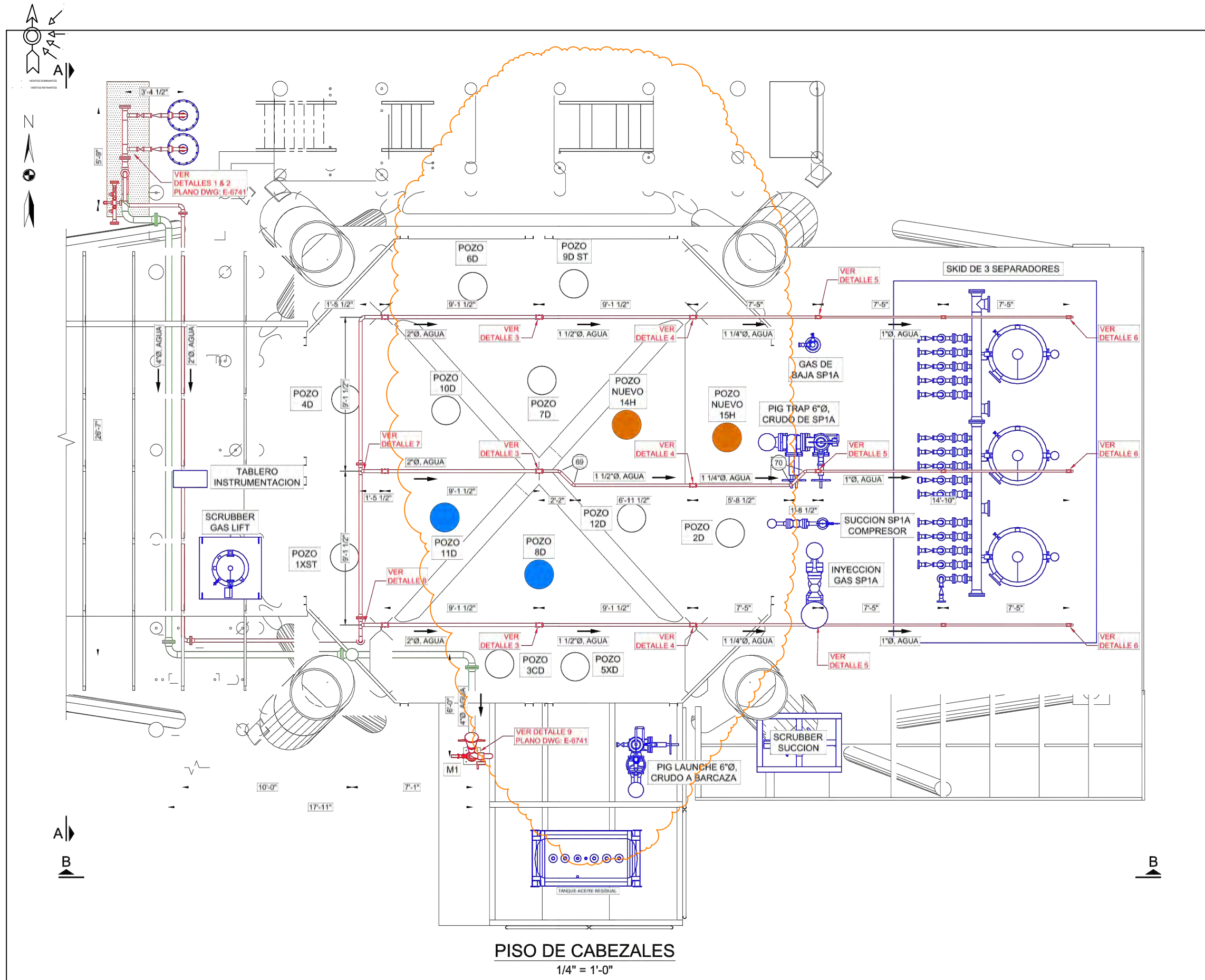
ELABORO:	P.C.E		
REVISO:	I.R.G.		
APROBO:	I.R.G.		
NUMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISION DE PLANO:	REV. 0		



Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la
Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)



Escenario 5



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

PROYECTO:
 "DETERMINACIÓN DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- IDLH 100 PPM
- STEL 15 PPM

ESCENARIOS: HIPOTESIS 5	PLANO 1	FECHA: ENERO DE 2016
----------------------------	---------	-------------------------

VENTEO DE GAS AMARGO DERIVADO DE LA APERTURA DE LA VÁLVULA DE PRESIÓN VACÍO PVSV-60101 CON DAÑO A TANQUE CON POSIBLE FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA CON DAÑO AL PERSONAL Y A LA INSTALACIÓN.

Nube Tóxica (1.5 F)	
CONCENTRACIÓN STEL 15 PPM	No Alcanzado
CONCENTRACIÓN IDLH 100 PPM	156.984 m

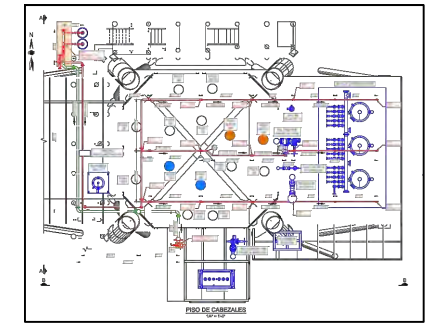
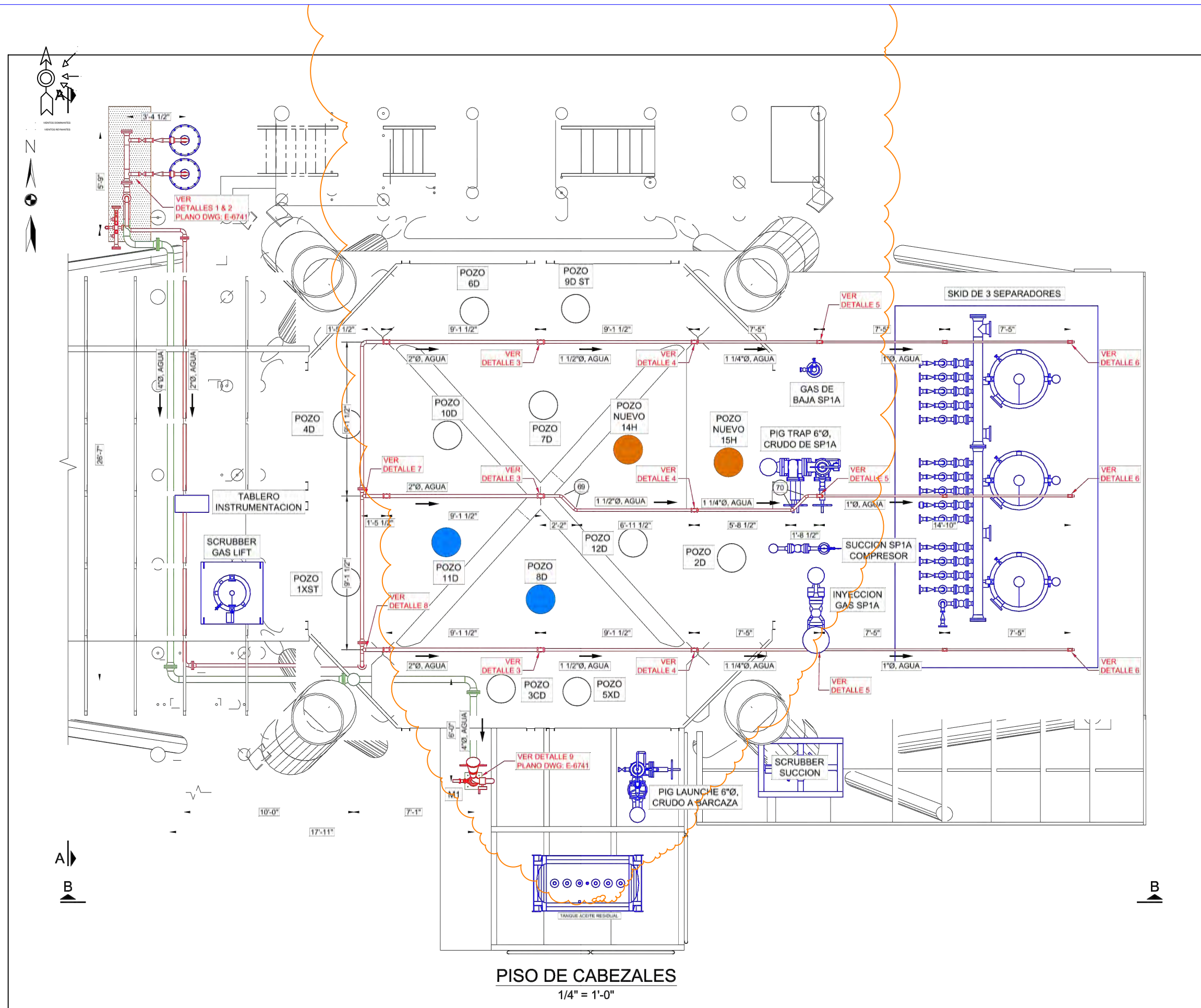


ANÁLISIS DE RIESGO

TOXICIDAD

DIAGRAMA DE PETALOS

ELABORO:	P.C.E		
REVISO:	L.R.G.		
APROBO:	L.R.G.		
NUMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISION DE PLANO:	REV. 0		



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

PROYECTO:
"DETERMINACIÓN DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- IDLH 100 PPM
- STEL 15 PPM

ESCENARIOS: HIPOTESIS 5	PLANO 1	FECHA: ENERO DE 2016
----------------------------	---------	-------------------------

VENTEO DE GAS AMARGO DERIVADO DE LA APERTURA DE LA VÁLVULA DE PRESIÓN VACÍO PVSV-60101 CON DAÑO A TANQUE CON POSIBLE FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA CON DAÑO AL PERSONAL Y A LA INSTALACIÓN.

Nube Tóxica (1.5 F)

CONCENTRACIÓN STEL 15 PPM	No Alcanzado
CONCENTRACIÓN IDLH 100 PPM	333.731 m

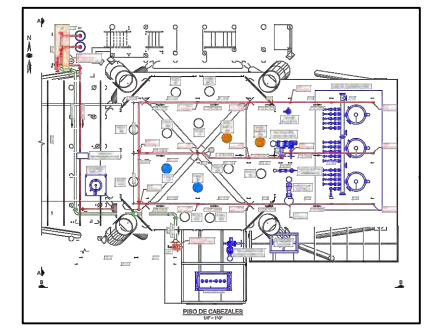
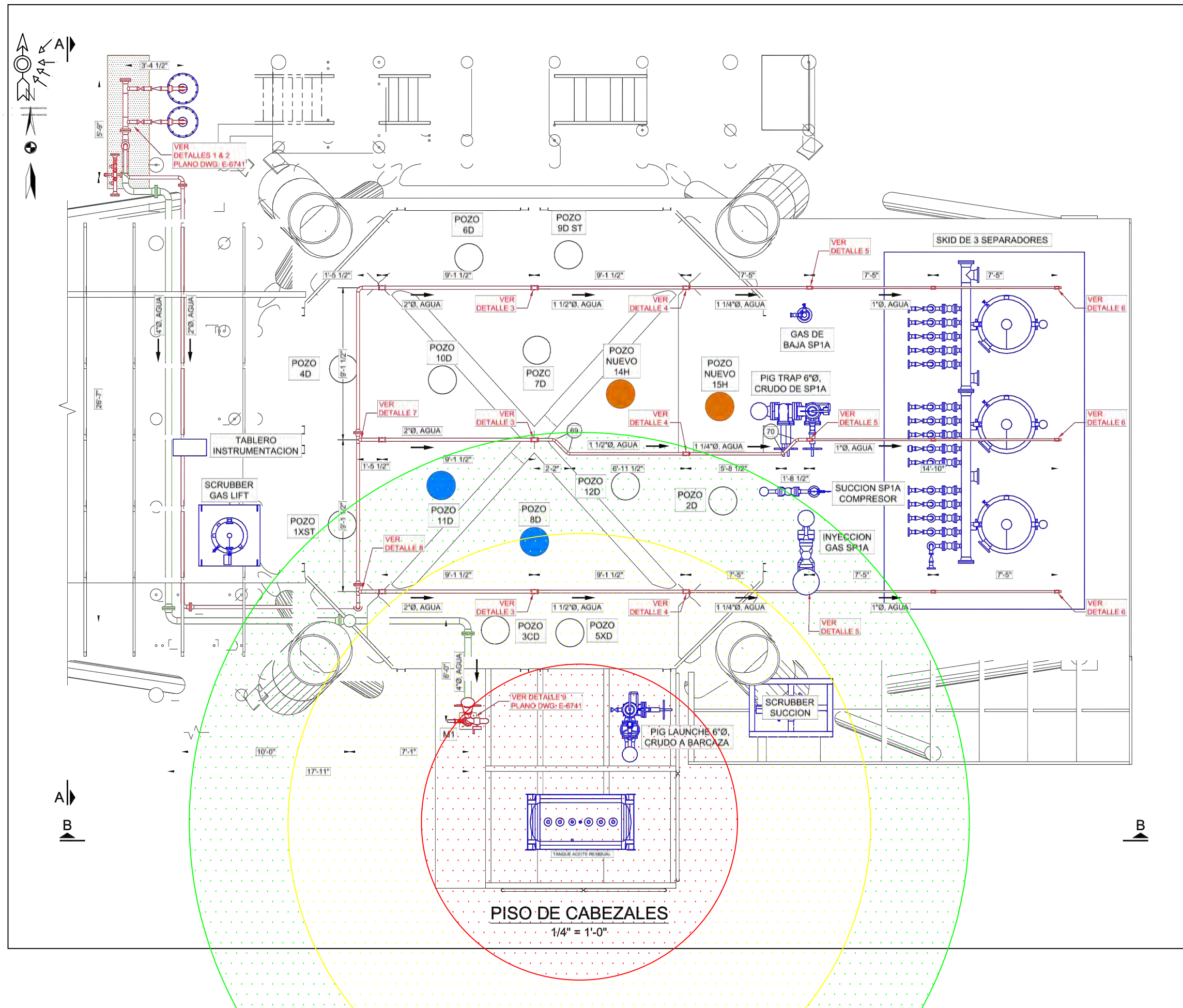


ANÁLISIS DE RIESGO

TOXICIDAD

DIAGRAMA DE PETALOS

ELABORO:	P.C.E		
REVISO:	I.R.G.		
APROBO:	I.R.G.		
NUMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISION DE PLANO:	REV. 0		



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

PROYECTO:
 "DETERMINACIÓN DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- Zona de Amortiguamiento (1.4 Kw/m²)
- Zona de Alto Riesgo (5.0 Kw/m²)
- Efecto Dominó (37.5 Kw/m²)

ESCENARIOS: HIPÓTESIS 5	PLANO 1	FECHA: ENERO DE 2016
----------------------------	---------	-------------------------

VENTEO DE GAS AMARGO DERIVADO DE LA APERTURA DE LA VÁLVULA DE PRESIÓN VACÍO PVSV-60101 CON DAÑO A TANQUE CON POSIBLE FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA CON DAÑO AL PERSONAL Y A LA INSTALACIÓN.

RADIACIÓN (5 BC)

DAÑO A EQUIPOS 37.5 (Kw/m ²)	24.3338m
ZONA DE ALTO RIESGO 5.0 (Kw/m ²)	44.8491 m
ZONA DE AMORTIGUAMIENTO 1.4 (Kw/m ²)	60.0445m

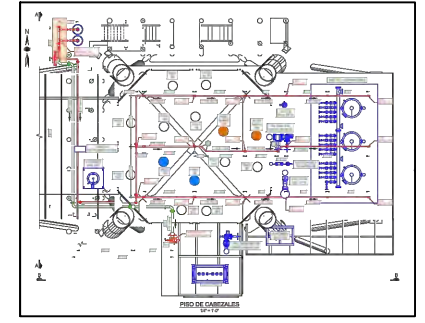
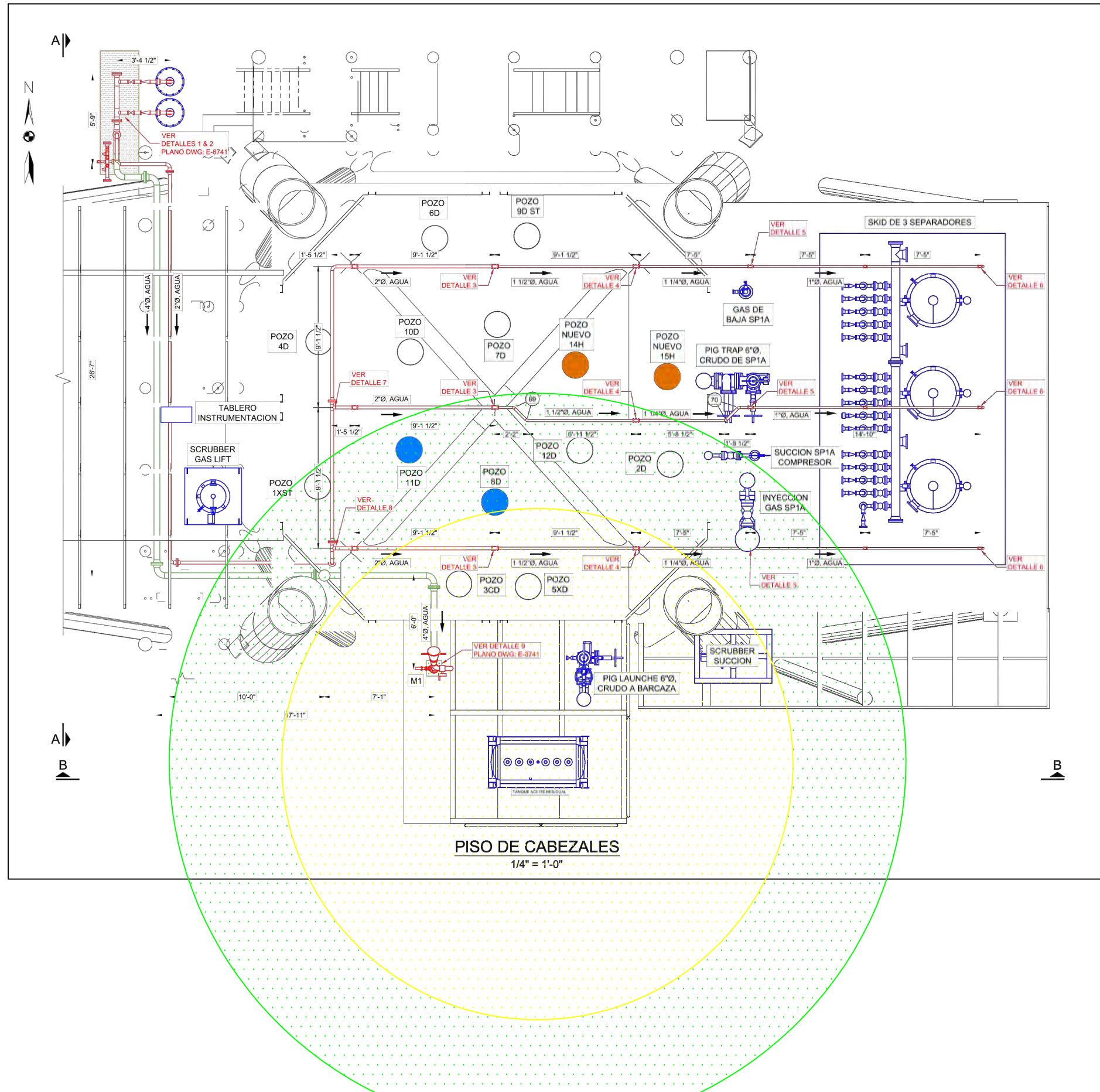
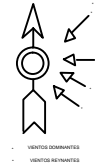


ANÁLISIS DE RIESGO

RADIACIÓN (JET FIRE)

DIAGRAMA DE PETALOS

ELABORO:	P.C.E		
REVISO:	I.R.G.		
APROBO:	I.R.G.		
NUMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISION DE PLANO:	REV. 0		



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

PROYECTO:

"DETERMINACIÓN DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- Zona de Amortiguamiento (1.4 Kw/m²)
- Zona de Alto Riesgo (5.0 Kw/m²)
- Efecto Domino (37.5 Kw/m²)

ESCENARIOS: HIPÓTESIS 5	PLANO 1	FECHA: ENERO DE 2016
----------------------------	---------	-------------------------

VENTEO DE GAS AMARGO DERIVADO DE LA APERTURA DE LA VÁLVULA DE PRESIÓN VACÍO PVSV-60101 CON DAÑO A TANQUE CON POSIBLE FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA CON DAÑO AL PERSONAL Y A LA INSTALACIÓN.

RADIACIÓN (1.5 F)

DAÑO A EQUIPOS 37.5 (Kw/m ²)	No Alcanzado m
ZONA DE ALTO RIESGO 5.0 (Kw/m ²)	42.4634 m
ZONA DE AMORTIGUAMIENTO 1.4 (Kw/m ²)	61.2046m



ANÁLISIS DE RIESGO

RADIACIÓN (JET FIRE)

DIAGRAMA DE PETALOS

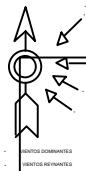
ELABORO:	P.C.E		
REVISO:	I.R.G.		
APROBO:	I.R.G.		
NUMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISION DE PLANO:	REV. 0		



Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la
Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)



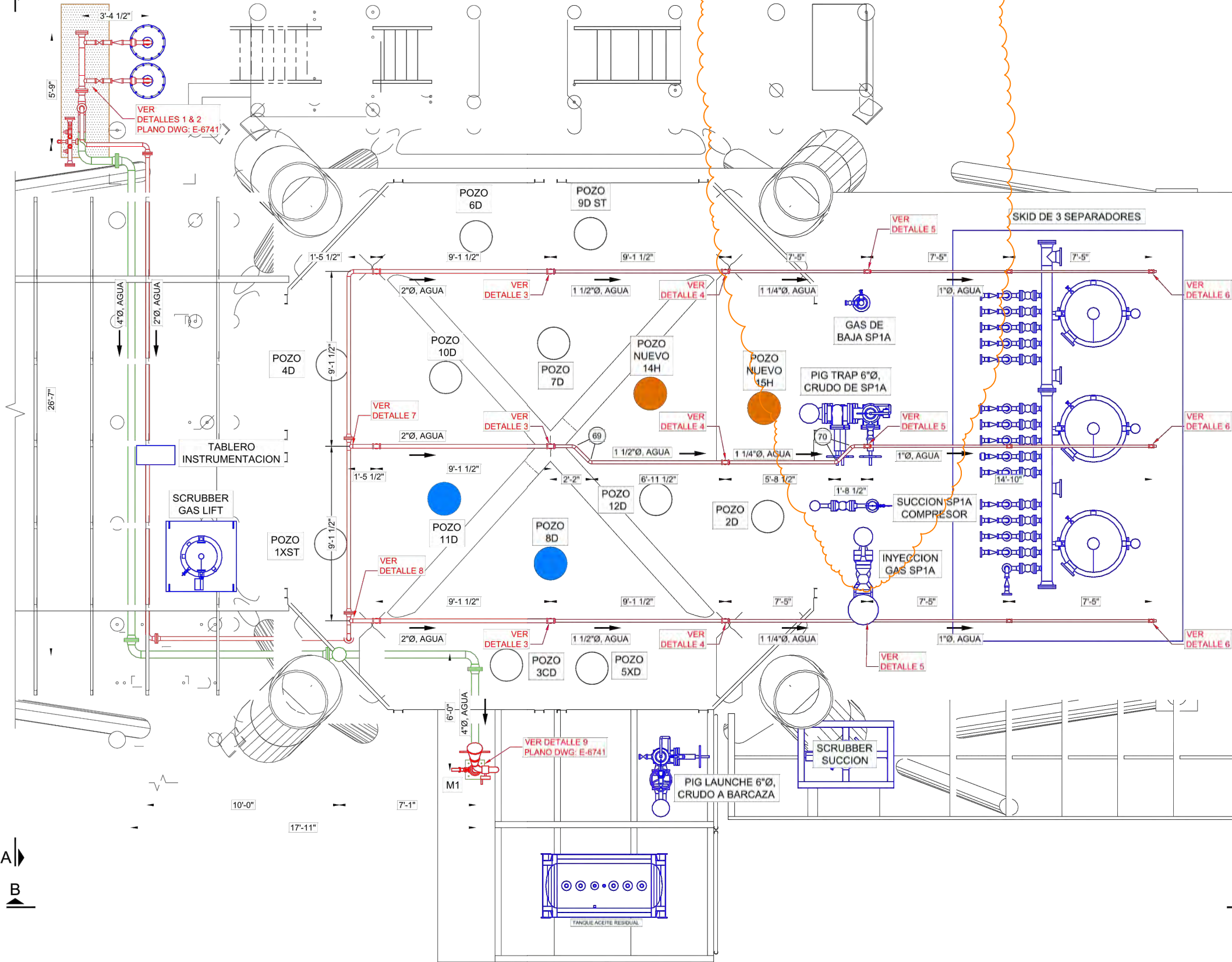
Escenario 6



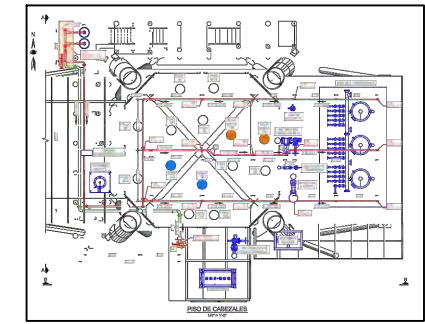
A

A

B



PISO DE CABEZALES
1/4" = 1'-0"



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

PROYECTO:
"DETERMINACIÓN DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- IDLH 100 PPM
- STEL 15 PPM

ESCENARIOS: HIPÓTESIS 6	PLANO 1	FECHA: ENERO DE 2016
----------------------------	---------	-------------------------

FUGA DE GAS AMARGO DEBIDO A UNA SOBREPRESIÓN EN LÍNEA DE INYECCIÓN DE GAS DE ALTA PRESIÓN; CON FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA, INCENDIO, EXPLOSIÓN CON DAÑO AL PERSONAL, MEDIO AMBIENTE Y A LAS INSTALACIONES DERIVADO DEL CIERRE DE LA VÁLVULA MANUAL DE 3"

Nube Tóxica (1.5 F)

CONCENTRACIÓN STEL 15 PPM	No Alcanzado
CONCENTRACIÓN IDLH 100 PPM	216.54m

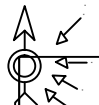


ANÁLISIS DE RIESGO

TOXICIDAD

DIAGRAMA DE PETALOS

ELABORO:	P.C.E		
REVISO:	I.R.G.		
APROBO:	I.R.G.		
NUMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISION DE PLANO:	REV. 0		



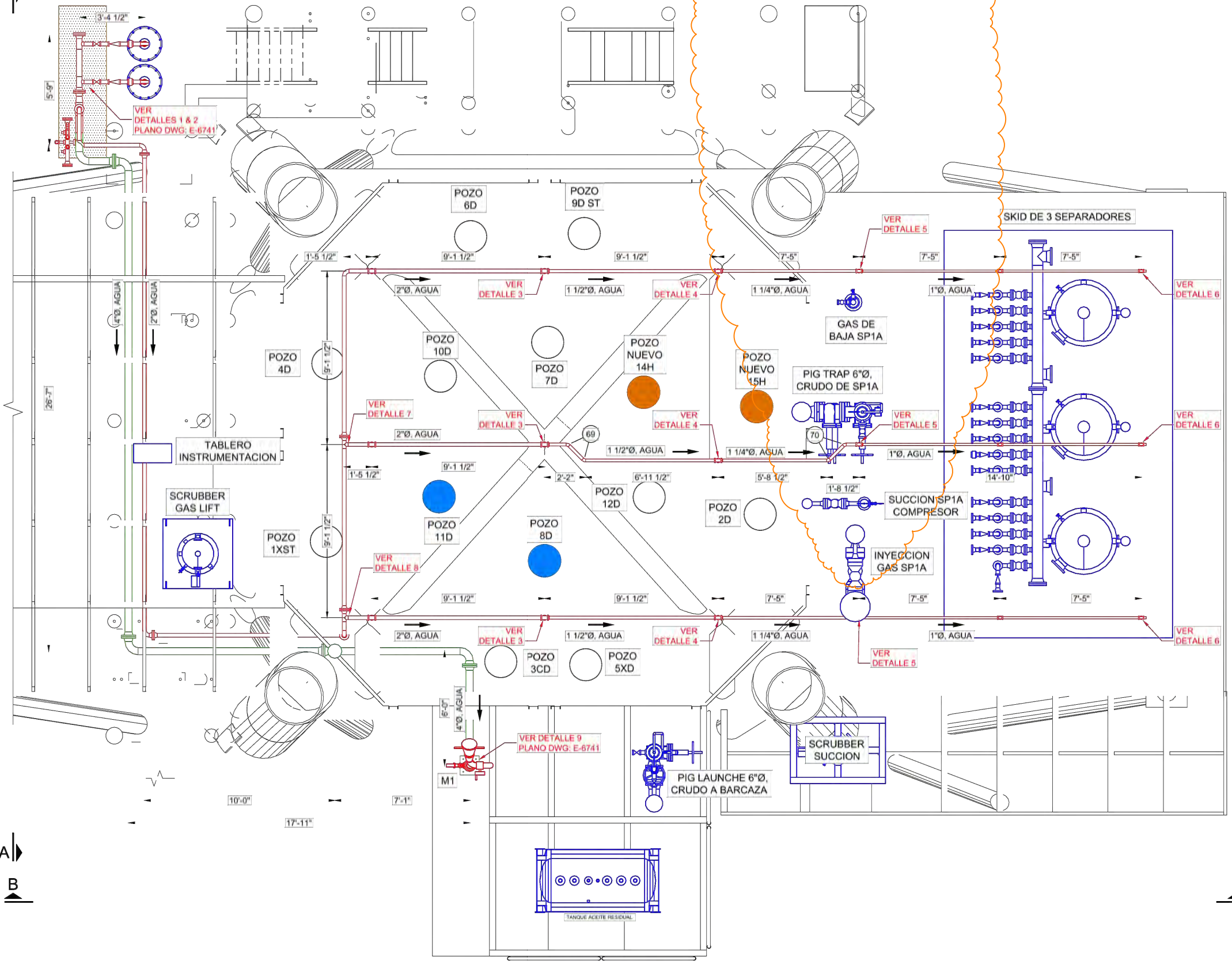
A



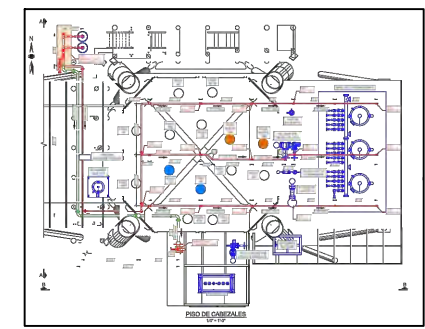
A

B

B



PISO DE CABEZALES
1/4" = 1'-0"



CROQUIS DE LOCALIZACION

PROYECTO:
"DETERMINACION DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCION SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- IDLH 100 PPM
- STEL 15 PPM

ESCENARIOS: HIPOTESIS 6	PLANO 1	FECHA: ENERO DE 2016
----------------------------	---------	-------------------------

FUGA DE GAS AMARGO DEBIDO A UNA SOBREPRESION EN LINEA DE INYECCION DE GAS DE ALTA PRESION; CON FORMACION DE NUBE TOXICA, INCENDIO, EXPLOSION CON DAÑO AL PERSONAL, MEDIO AMBIENTE Y A LAS INSTALACIONES DERIVADO DEL CIERRE DE LA VALVULA MANUAL DE 3"

Nube Tóxica (1.5 F)

CONCENTRACION STEL 15 PPM	No Alcanzado
------------------------------	--------------

CONCENTRACION IDLH 100 PPM	441.11m
-------------------------------	---------



ANÁLISIS DE RIESGO

TOXICIDAD

DIAGRAMA DE PETALOS

ELABORO:	P.C.E		
REVISO:	L.R.G.		
APROBO:	L.R.G.		
NUMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISION DE PLANO:	REV. 0		



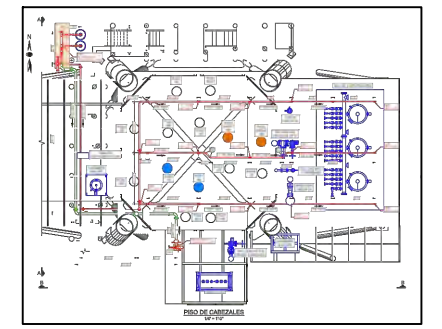
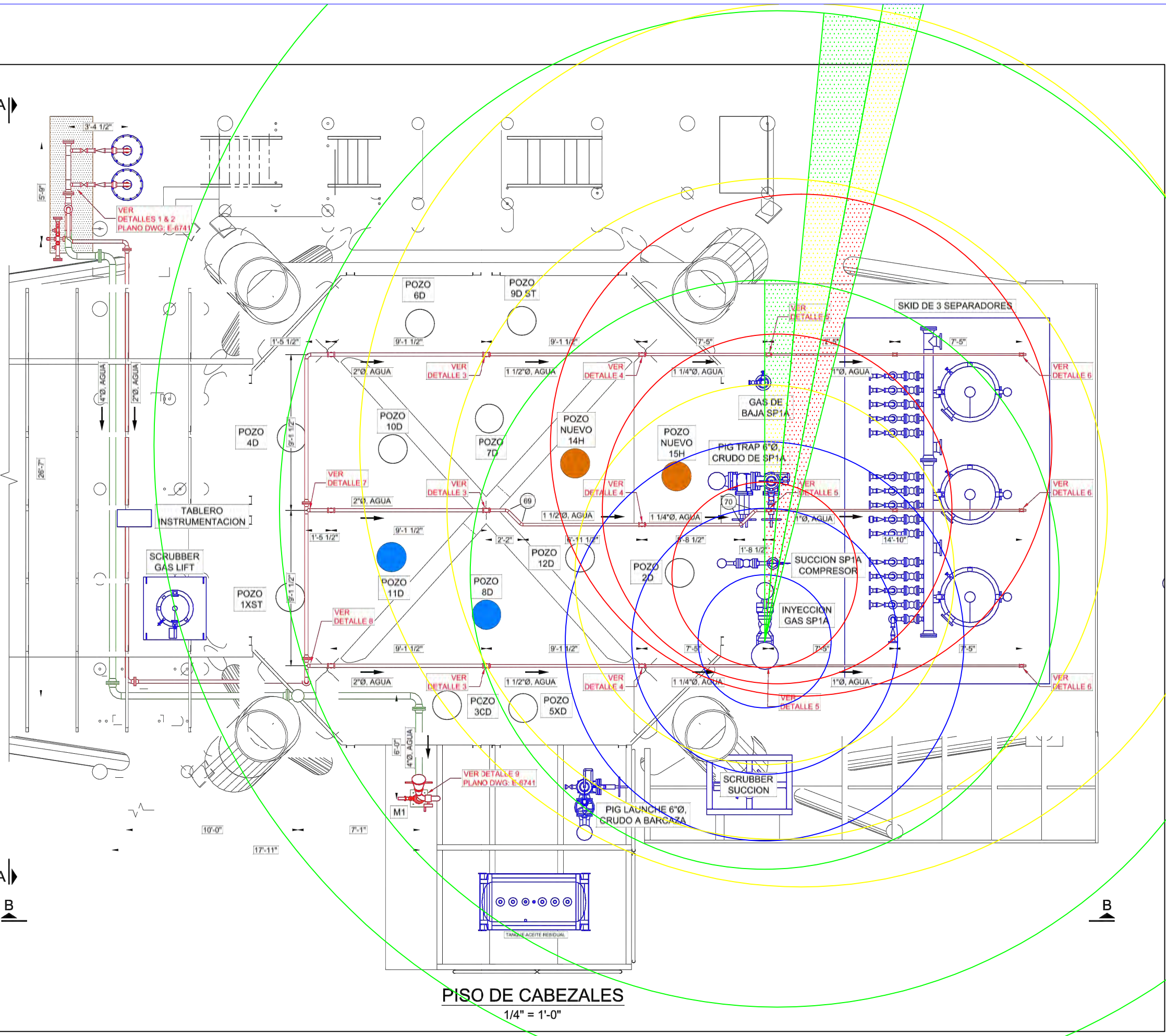
A



A

B

B



CROQUIS DE LOCALIZACION

PROYECTO:

"DETERMINACION DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCION SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- SOBREPRESION (bar) 0.3
- SOBREPRESION (bar) 0.6
- SOBREPRESION (bar) 0.7

ESCENARIOS:
HIPOTESIS 6

PLANO 1

FECHA:
ENERO DE 2016

FUGA DE GAS AMARGO DEBIDO A UNA SOBREPRESION EN LINEA DE INYECCION DE GAS DE ALTA PRESION; CON FORMACION DE NUBE TOXICA, INCENDIO, EXPLOSION CON DAÑO AL PERSONAL, MEDIO AMBIENTE Y A LAS INSTALACIONES DERIVADO DEL CIERRE DE LA VALVULA MANUAL DE 3"

SOBREPRESION 5 BIC

DISTANCIA O PUNTO DE IGNICION	SOBREPRESION (bar) 0.3 RESULTADOS EN (m)	SOBREPRESION (bar) 0.6 RESULTADOS EN (m)	SOBREPRESION (bar) 0.7 RESULTADOS EN (m)
10 mts	44.30m	28.54m	13.94m
20 mts	74.90m	49.68m	26.30m
30 mts	97.37m	66.42m	37.73m

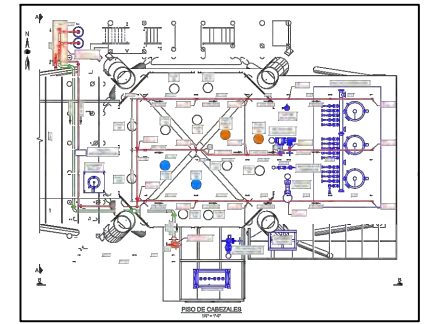
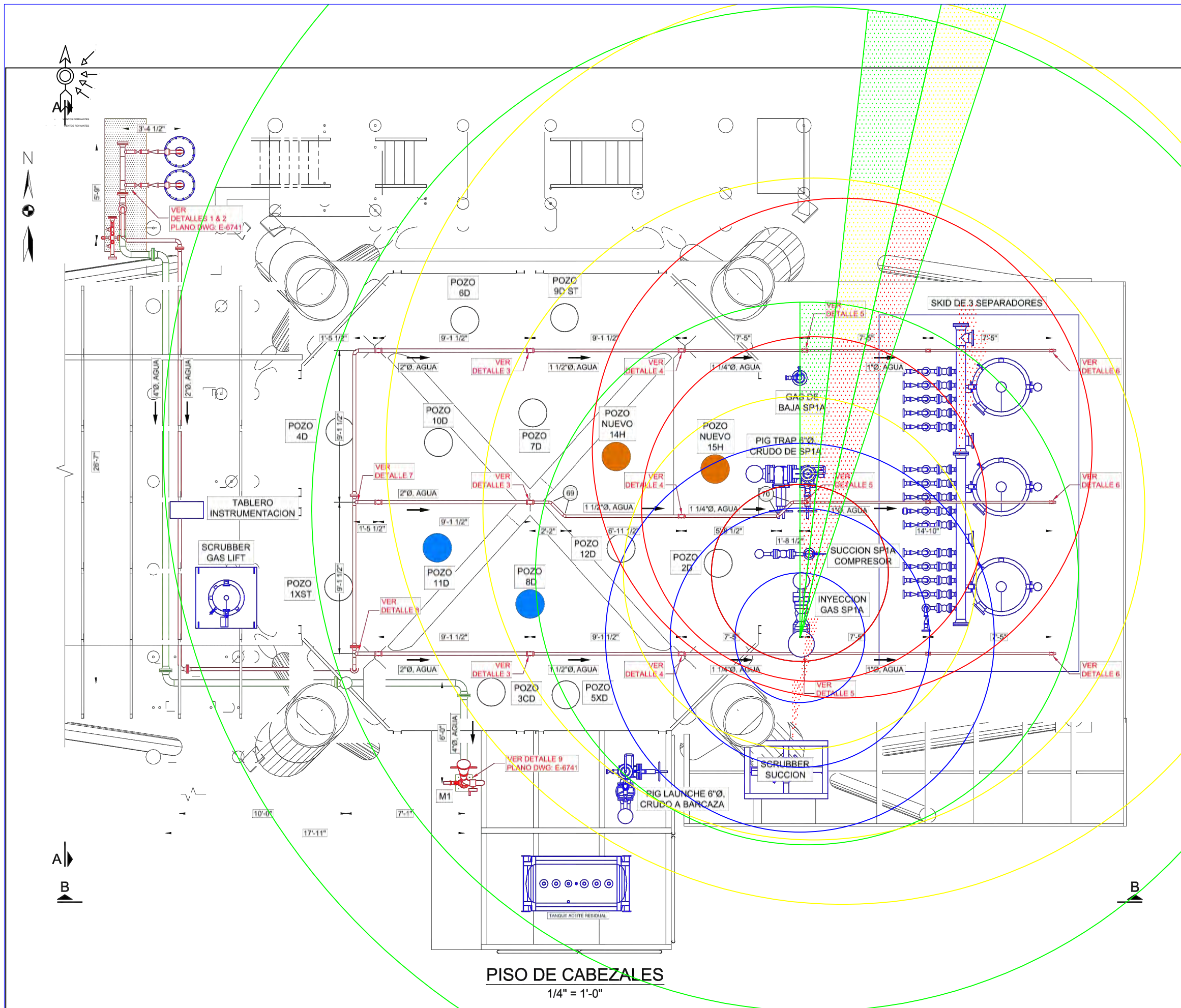


ANÁLISIS DE RIESGO

SOBREPRESIÓN

DIAGRAMA DE PETALOS

ELABORO:	P.C.E		
REVISO:	I.R.G.		
APROBO:	I.R.G.		
NUMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISION DE PLANO:	REV. 0		



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

PROYECTO:
 "DETERMINACIÓN DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- SOBREPRESIÓN (bar) 0.3
- SOBREPRESIÓN (bar) 0.6
- SOBREPRESIÓN (bar) 0.7

ESCENARIOS: HIPÓTESIS 6 PLANO 1 FECHA: ENERO DE 2016

FUGA DE GAS AMARGO DEBIDO A UNA SOBREPRESIÓN EN LINEA DE INYECCIÓN DE GAS DE ALTA PRESIÓN; CON FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA, INCENDIO, EXPLOSIÓN CON DAÑO AL PERSONAL, MEDIO AMBIENTE Y A LAS INSTALACIONES DERIVADO DEL CIERRE DE LA VÁLVULA MANUAL DE 3"

SOBREPRESIÓN 1.5 F

DISTANCIA O PUNTO DE INICIACIÓN	SOBREPRESIÓN (bar) 0.3 0.03 RESULTADOS EN (m)	SOBREPRESIÓN (bar) 0.6 0.6 RESULTADOS EN (m)	SOBREPRESIÓN (bar) 0.7 0.7 RESULTADOS EN (m)
10 mts	41.89m	27.24m	13.66m
20 mts	77.53m	51.09m	26.60m
30 mts	104.81m	70.43m	38.58m

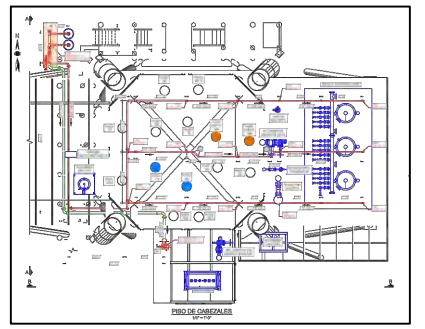
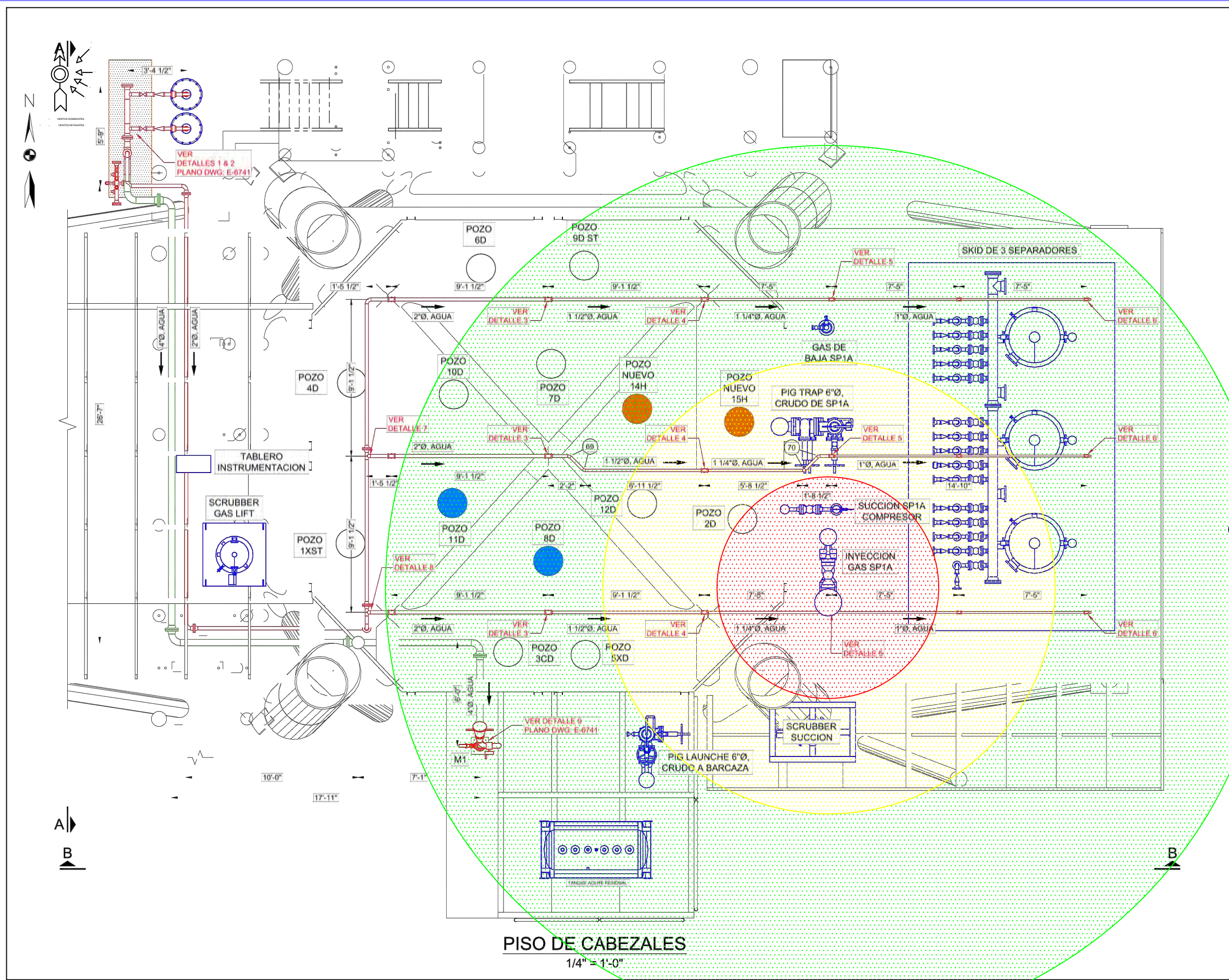


ANÁLISIS DE RIESGO

SOBREPRESIÓN

DIAGRAMA DE PETALOS

ELABORO:	P.C.E		
REVISO:	I.R.G.		
APROBO:	I.R.G.		
NUMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISION DE PLANO:	REV. 0		



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

PROYECTO:
 "DETERMINACIÓN DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- Zona de Amortiguamiento (1.4 Kw/m²)
- Zona de Alto Riesgo (5.0 Kw/m²)
- Efecto Domino (37.5 Kw/m²)

ESCENARIOS:
 HIPÓTESIS 6 PLANO 1 FECHA:
 ENERO DE 2016

FUGA DE GAS AMARGO DEBIDO A UNA SOBREPRESIÓN EN LÍNEA DE INYECCIÓN DE GAS DE ALTA PRESIÓN; CON FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA, INCENDIO, EXPLOSIÓN CON DAÑO AL PERSONAL, MEDIO AMBIENTE Y A LAS INSTALACIONES DERIVADO DEL CIERRE DE LA VÁLVULA MANUAL DE 3"

RADIACIÓN (1.5 F)	
DAÑO A EQUIPOS 37.5 (Kw/m ²)	16.57m
ZONA DE ALTO RIESGO 5.0 (Kw/m ²)	33.81m
ZONA DE AMORTIGUAMIENTO 1.4 (Kw/m ²)	66.14m

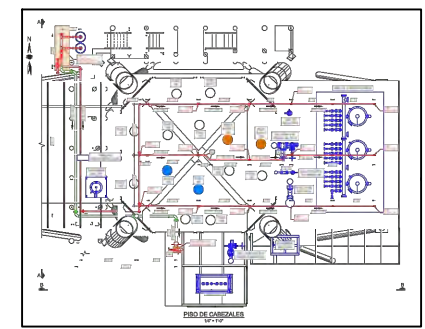
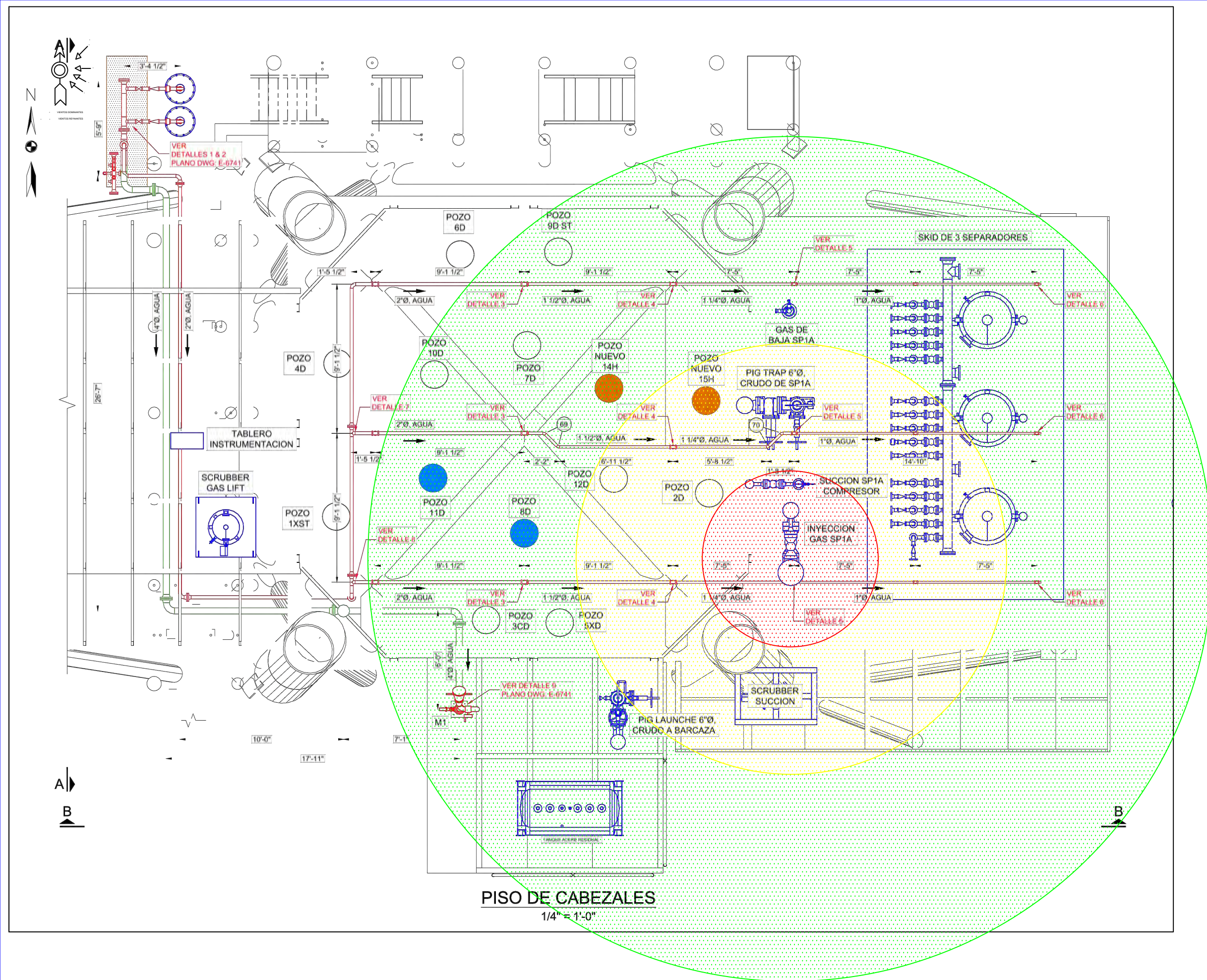


ANÁLISIS DE RIESGO

RADIACIÓN (JET FIRE)

DIAGRAMA DE PETALOS

ELABORO:	P.C.E		
REVISO:	L.R.G.		
APROBO:	L.R.G.		
NUMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISION DE PLANO:	REV. 0		



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

PROYECTO:
 "DETERMINACIÓN DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- Zona de Amortiguamiento (1.4 Kw/m²)
- Zona de Alto Riesgo (5.0 Kw/m²)
- Efecto Dominio (37.5 Kw/m²)

ESCENARIOS: HIPOTESIS 6	PLANO 1	FECHA: ENERO DE 2016
----------------------------	---------	-------------------------

FUGA DE GAS AMARGO DEBIDO A UNA SOBREPRESIÓN EN LÍNEA DE INYECCIÓN DE GAS DE ALTA PRESIÓN; CON FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA, INCENDIO, EXPLOSIÓN CON DAÑO AL PERSONAL, MEDIO AMBIENTE Y A LAS INSTALACIONES DERIVADO DEL CIERRE DE LA VÁLVULA MANUAL DE 3"

RADIACIÓN (1.5 F)

DAÑO A EQUIPOS 37.5 (Kw/m ²)	13.83m
ZONA DE ALTO RIESGO 5.0 (Kw/m ²)	33.84m
ZONA DE AMORTIGUAMIENTO 1.4 (Kw/m ²)	66.38m



ANÁLISIS DE RIESGO

RADIACIÓN (JET FIRE)

DIAGRAMA DE PETALOS

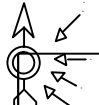
ELABORO:	P.G.E		
REVISO:	I.R.G.		
APROBO:	I.R.G.		
NUMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISION DE PLANO:	REV. 0		



Determinación el NIS (Nivel de Integridad de Seguridad) requerido para la
Plataforma de Producción San Pedro 1 (SP1)



Escenario 7



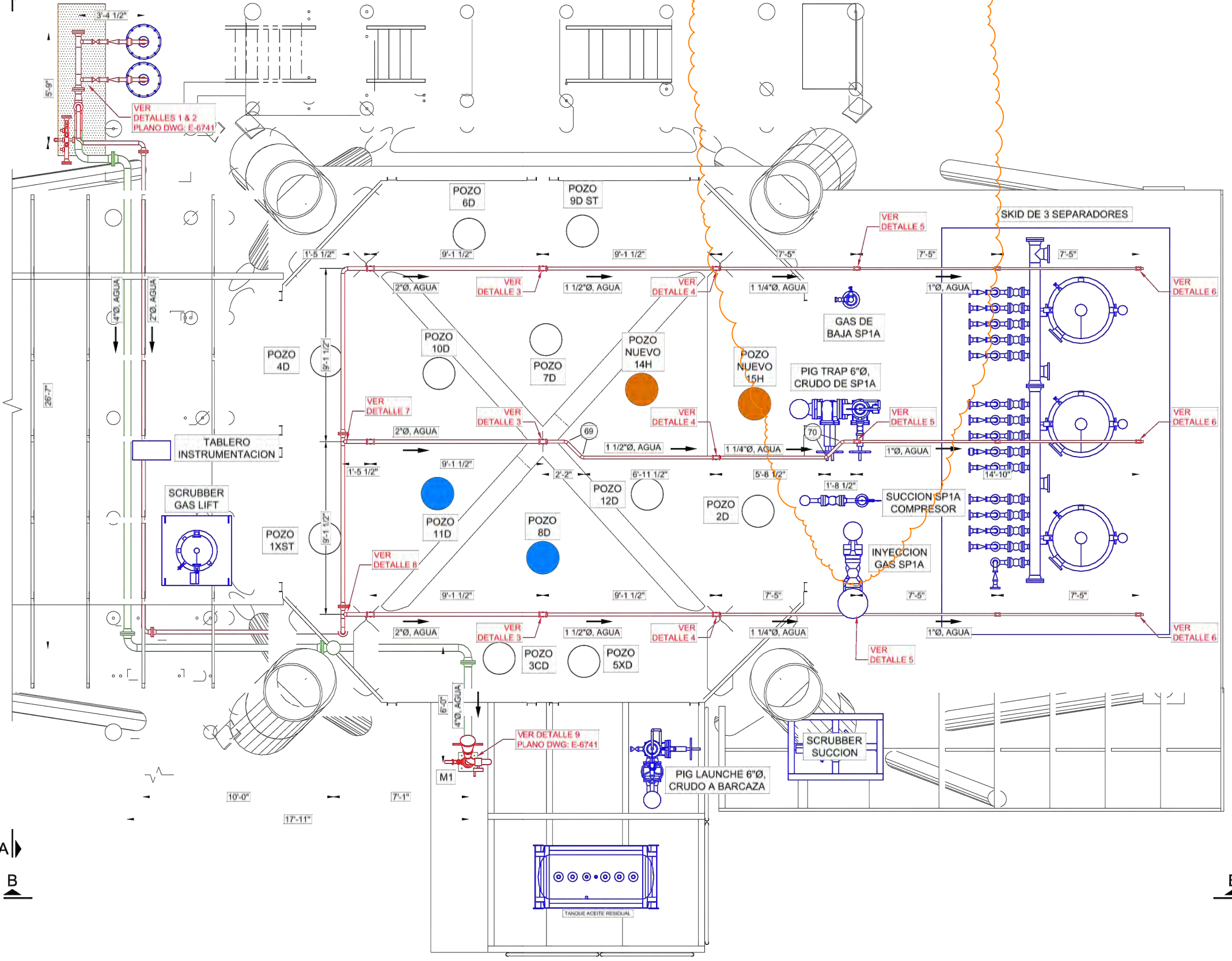
A



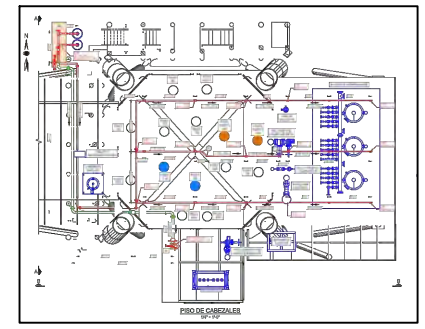
A

B

B



PISO DE CABEZALES
1/4" = 1'-0"



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

PROYECTO:

"DETERMINACIÓN DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- IDLH 100 PPM
- STEL 15 PPM

ESCENARIOS: HIPÓTESIS 7	PLANO 1	FECHA: ENERO DE 2016
----------------------------	---------	-------------------------

FUGA DE GAS AMARGO DEBIDO A UNA SOBREPRESIÓN EN LÍNEA DE INYECCIÓN DE GAS DE ALTA PRESIÓN, CON FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA, INCENDIO, EXPLOSIÓN CON DAÑO AL PERSONAL, MEDIO AMBIENTE Y A LAS INSTALACIONES DERIVADO DEL BLOQUEO O RESTRICCIÓN DE LA VÁLVULA DE ESTRANGULAMIENTO

Nube Tóxica (1.5 F)

CONCENTRACIÓN STEL 15 PPM	No Alcanzado
------------------------------	-----------------

CONCENTRACIÓN IDLH 100 PPM	216.54m
-------------------------------	---------

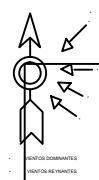


ANÁLISIS DE RIESGO

TOXICIDAD

DIAGRAMA DE PETALOS

ELABORO:	P.C.E		
REVISO:	I.R.G.		
APROBO:	I.R.G.		
NUMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISION DE PLANO:	REV. 0		

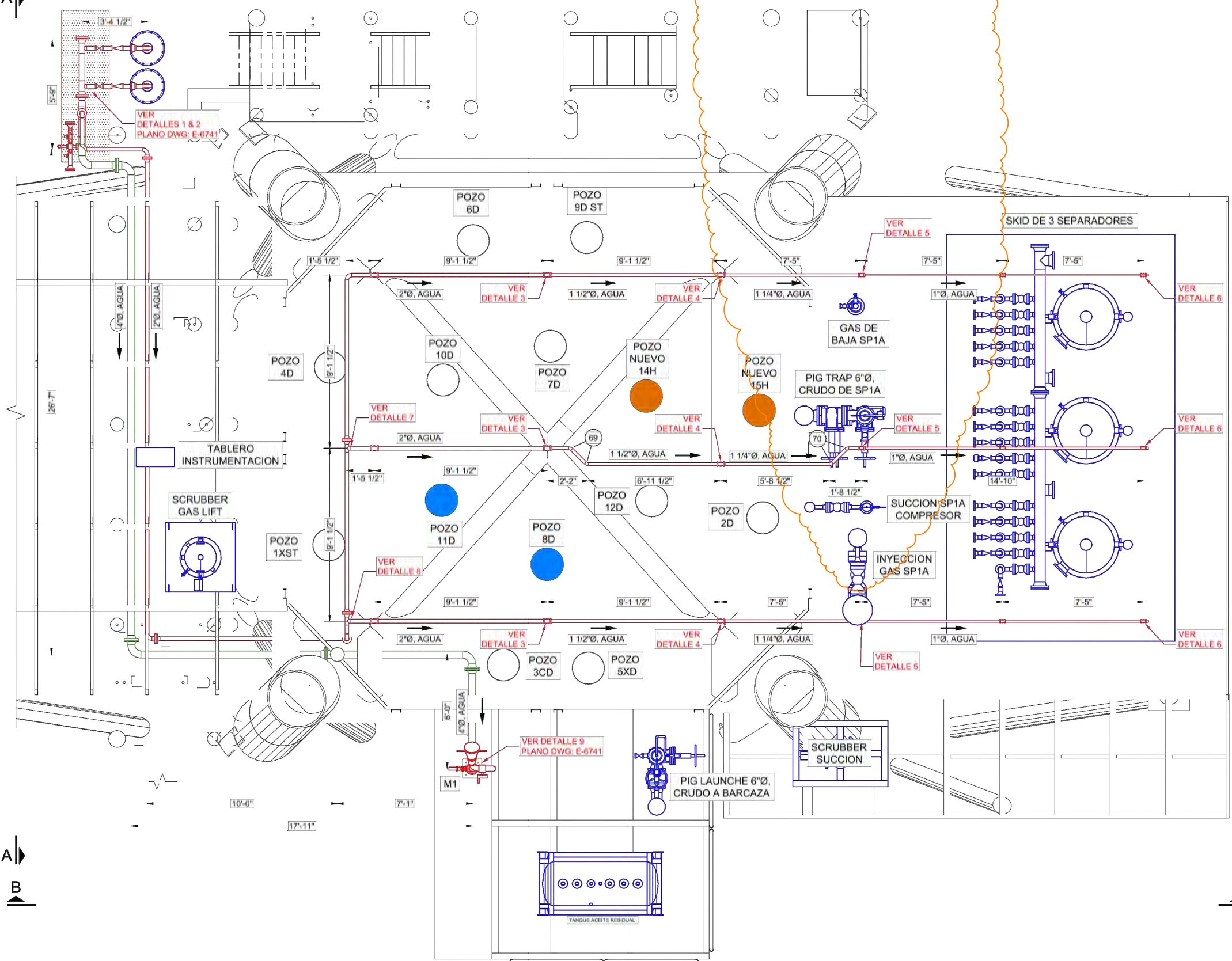


A

A

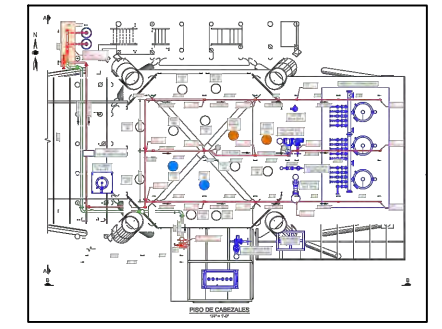
B

B



PISO DE CABEZALES

1/4" = 1'-0"



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

PROYECTO:

"DETERMINACIÓN DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- IDLH 100 PPM
- STEL 15 PPM

ESCENARIOS: HIPÓTESIS 7	PLANO 1	FECHA: ENERO DE 2016
----------------------------	---------	-------------------------

FUGA DE GAS AMARGO DEBIDO A UNA SOBREPRESIÓN EN LÍNEA DE INYECCIÓN DE GAS DE ALTA PRESIÓN; CON FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA, INCENDIO, EXPLOSIÓN CON DAÑO AL PERSONAL, MEDIO AMBIENTE Y A LAS INSTALACIONES DERIVADO DEL BLOQUEO O RESTRICCIÓN DE LA VÁLVULA DE ESTRANGULAMIENTO

Nube Tóxica (1.5 F)

CONCENTRACIÓN STEL 15 PPM	No Alcanzado
CONCENTRACIÓN IDLH 100 PPM	441.11m

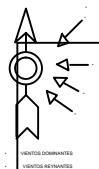


ANÁLISIS DE RIESGO

TOXICIDAD

DIAGRAMA DE PETALOS

ELABORO:	P.C.E		
REVISO:	I.R.G.		
APROBO:	I.R.G.		
NUMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISION DE PLANO:	REV. 0		

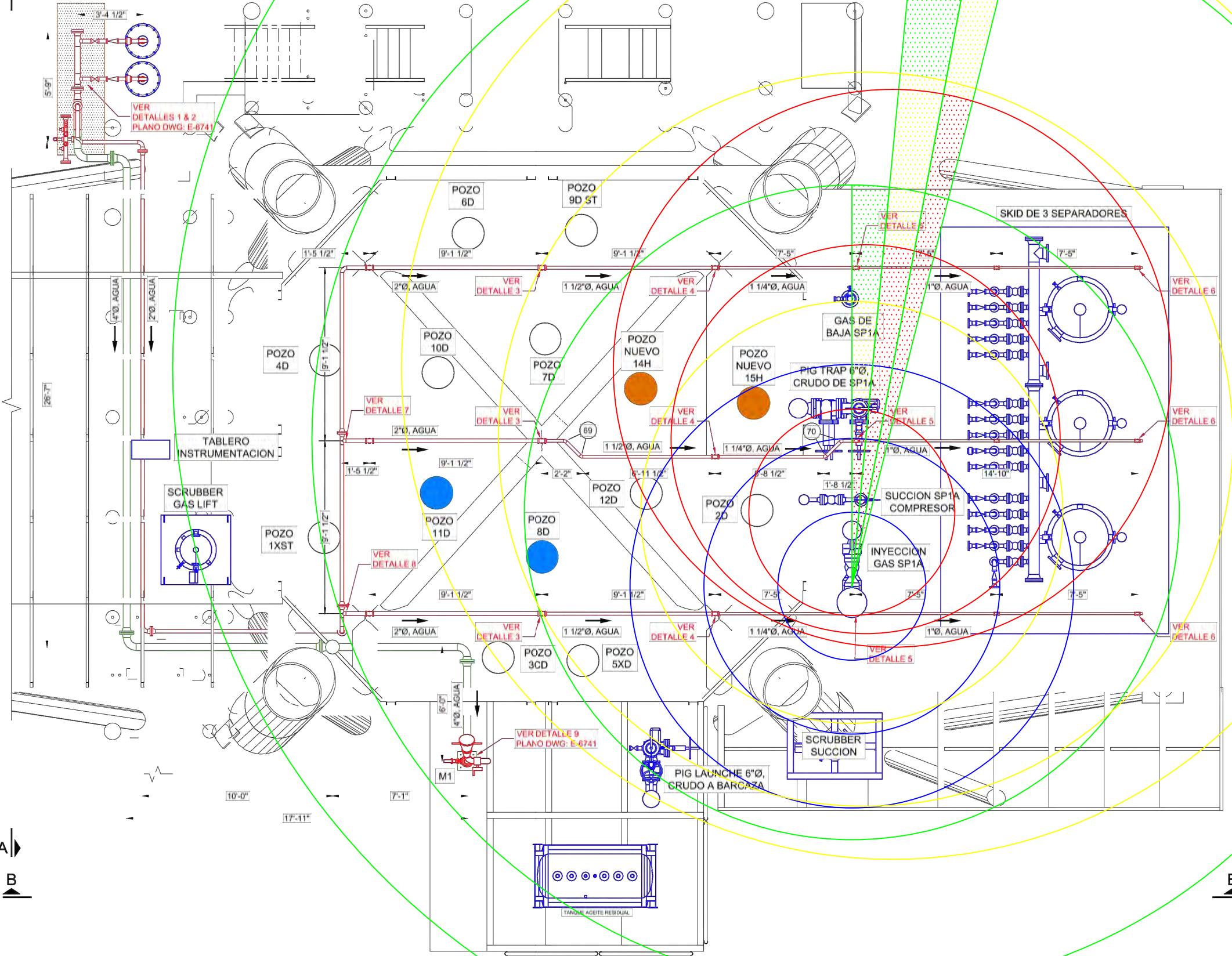


A

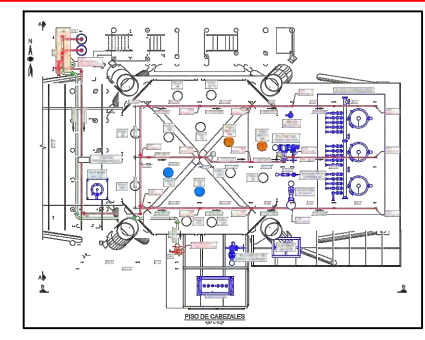
A

B

B



PISO DE CABEZALES
1/4" = 1'-0"



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

PROYECTO:

"DETERMINACIÓN DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- SOBREPRESIÓN (bar) 0.3
- SOBREPRESIÓN (bar) 0.6
- SOBREPRESIÓN (bar) 0.7

ESCENARIOS: HIPÓTESIS 7 PLANO 1 FECHA: ENERO DE 2016

FUGA DE GAS AMARGO DEBIDO A UNA SOBREPRESIÓN EN LÍNEA DE INYECCIÓN DE GAS DE ALTA PRESIÓN; CON FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA, INCENDIO, EXPLOSIÓN CON DAÑO AL PERSONAL, MEDIO AMBIENTE Y A LAS INSTALACIONES DERIVADO DEL BLOQUEO O RESTRICCIÓN DE LA VÁLVULA DE ESTRANGULAMIENTO

SOBREPRESIÓN 5 B/C

DISTANCIA O PUNTO DE IGNICIÓN	SOBREPRESIÓN (bar) 0.3 0.3 RESULTADOS EN (m)	SOBREPRESIÓN (bar) 0.6 0.6 RESULTADOS EN (m)	SOBREPRESIÓN (bar) 0.7 0.7 RESULTADOS EN (m)
10 mts	44.30m	28.54m	13.94m
20 mts	74.90m	49.68m	26.30m
30 mts	97.37m	66.42m	37.73m

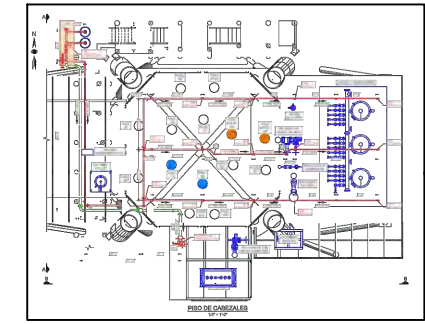
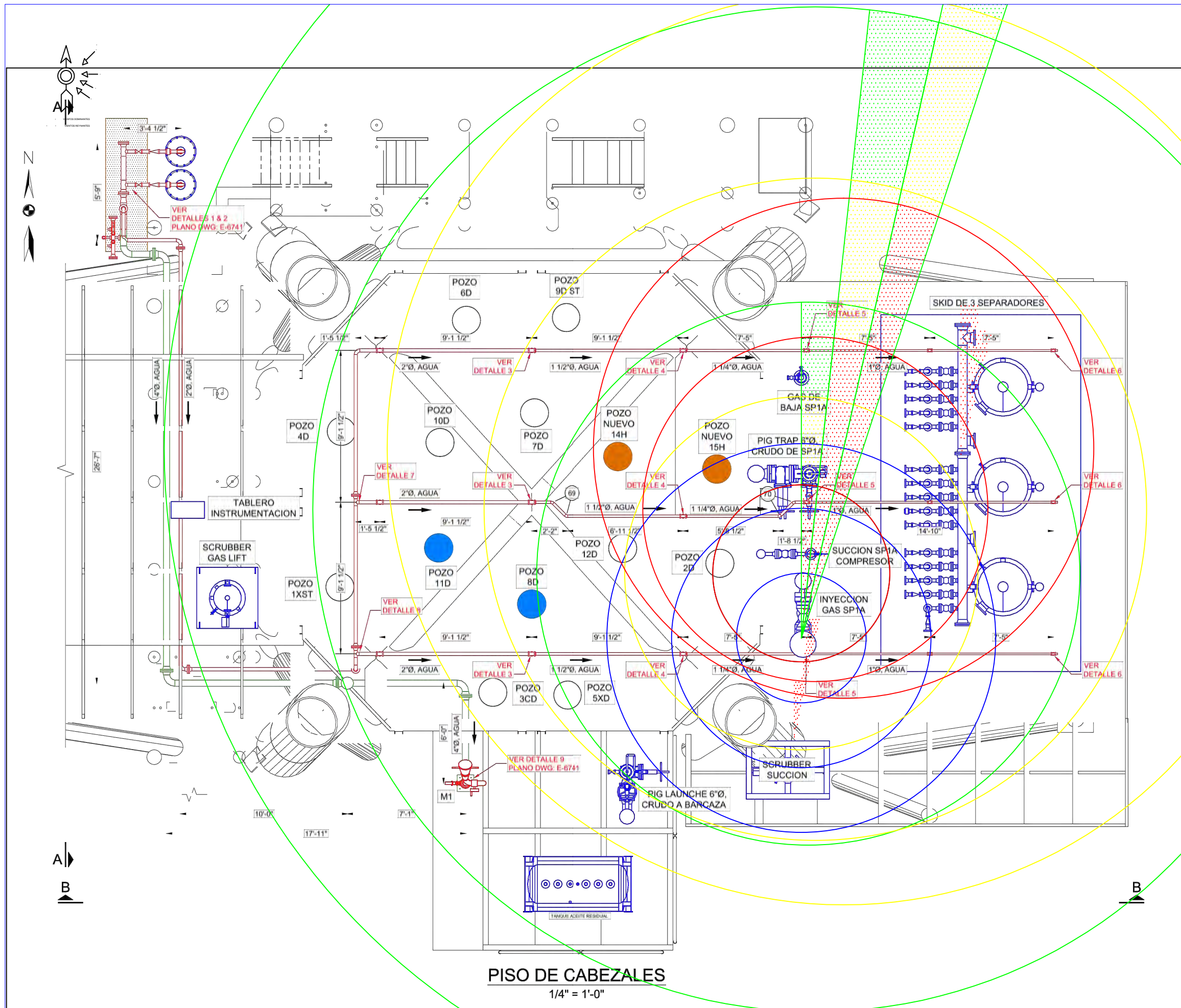


ANÁLISIS DE RIESGO

SOBREPRESIÓN

DIAGRAMA DE PETALOS

ELABORO:	P.C.E		
REVISO:	L.R.G.		
APROBO:	L.R.G.		
NÚMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISIÓN DE PLANO:	REV. 0		



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

PROYECTO:
"DETERMINACIÓN DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- SOBREPRESIÓN (bar) 0.3
- SOBREPRESIÓN (bar) 0.6
- SOBREPRESIÓN (bar) 0.7

ESCENARIOS:
HIPÓTESIS 7 PLANO 1 FECHA:
ENERO DE 2016

FUGA DE GAS AMARGO DEBIDO A UNA SOBREPRESIÓN EN LÍNEA DE INYECCIÓN DE GAS DE ALTA PRESIÓN; CON FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA, INCENDIO, EXPLOSIÓN CON DAÑO AL PERSONAL, MEDIO AMBIENTE Y A LAS INSTALACIONES DERIVADO DEL BLOQUEO O RESTRICCIÓN DE LA VÁLVULA DE ESTRANGULAMIENTO

SOBREPRESIÓN 1.5 F

DISTANCIA O PUNTO DE IGNICIÓN	SOBREPRESIÓN (bar) 0.3 RESULTADOS EN (m)	SOBREPRESIÓN (bar) 0.6 RESULTADOS EN (m)	SOBREPRESIÓN (bar) 0.7 RESULTADOS EN (m)
10 mts	41.89m	27.24m	13.66m
20 mts	77.53m	51.09m	26.60m
30 mts	104.81m	70.43m	38.58m

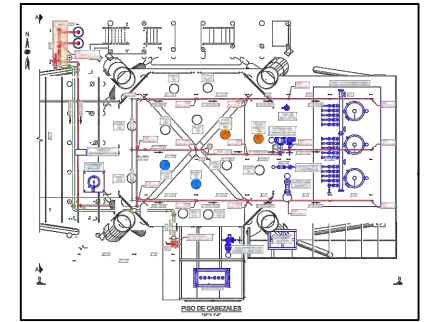
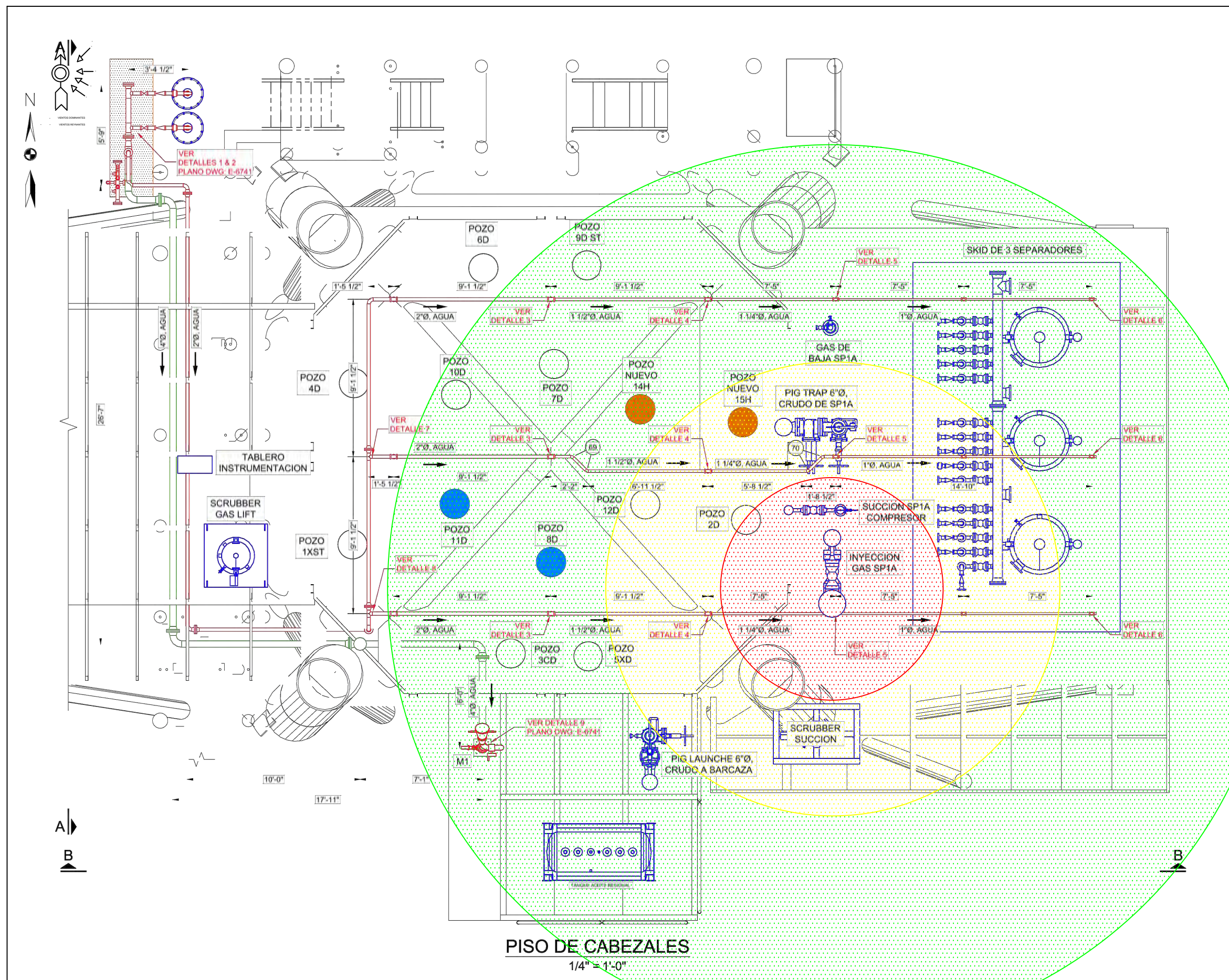


ANÁLISIS DE RIESGO

SOBREPRESIÓN

DIAGRAMA DE PETALOS

ELABORO:	P.C.E		
REVISO:	L.R.G.		
APROBO:	L.R.G.		
NUMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISION DE PLANO:	REV. 0		



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

PROYECTO:

"DETERMINACIÓN DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- Zona de Amortiguamiento (1.4 Kw/m²)
- Zona de Alto Riesgo (5.0 Kw/m²)
- Efecto Dominio (37.5 Kw/m²)

ESCENARIOS: HIPÓTESIS 7	PLANO 1	FECHA: ENERO DE 2016
----------------------------	---------	-------------------------

FUGA DE GAS AMARGO DEBIDO A UNA SOBREPRESIÓN EN LÍNEA DE INYECCIÓN DE GAS DE ALTA PRESIÓN; CON FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA, INCENDIO, EXPLOSIÓN CON DAÑO AL PERSONAL, MEDIO AMBIENTE Y A LAS INSTALACIONES DERIVADO DEL BLOQUEO O RESTRICCIÓN DE LA VÁLVULA DE ESTRANGULAMIENTO

RADIACIÓN (1.5 F)

DAÑO A EQUIPOS 37.5 (Kw/m ²)	16.57m
ZONA DE ALTO RIESGO 5.0 (Kw/m ²)	33.81m
ZONA DE AMORTIGUAMIENTO 1.4 (Kw/m ²)	66.14m

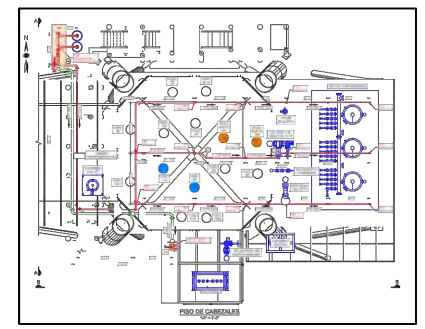
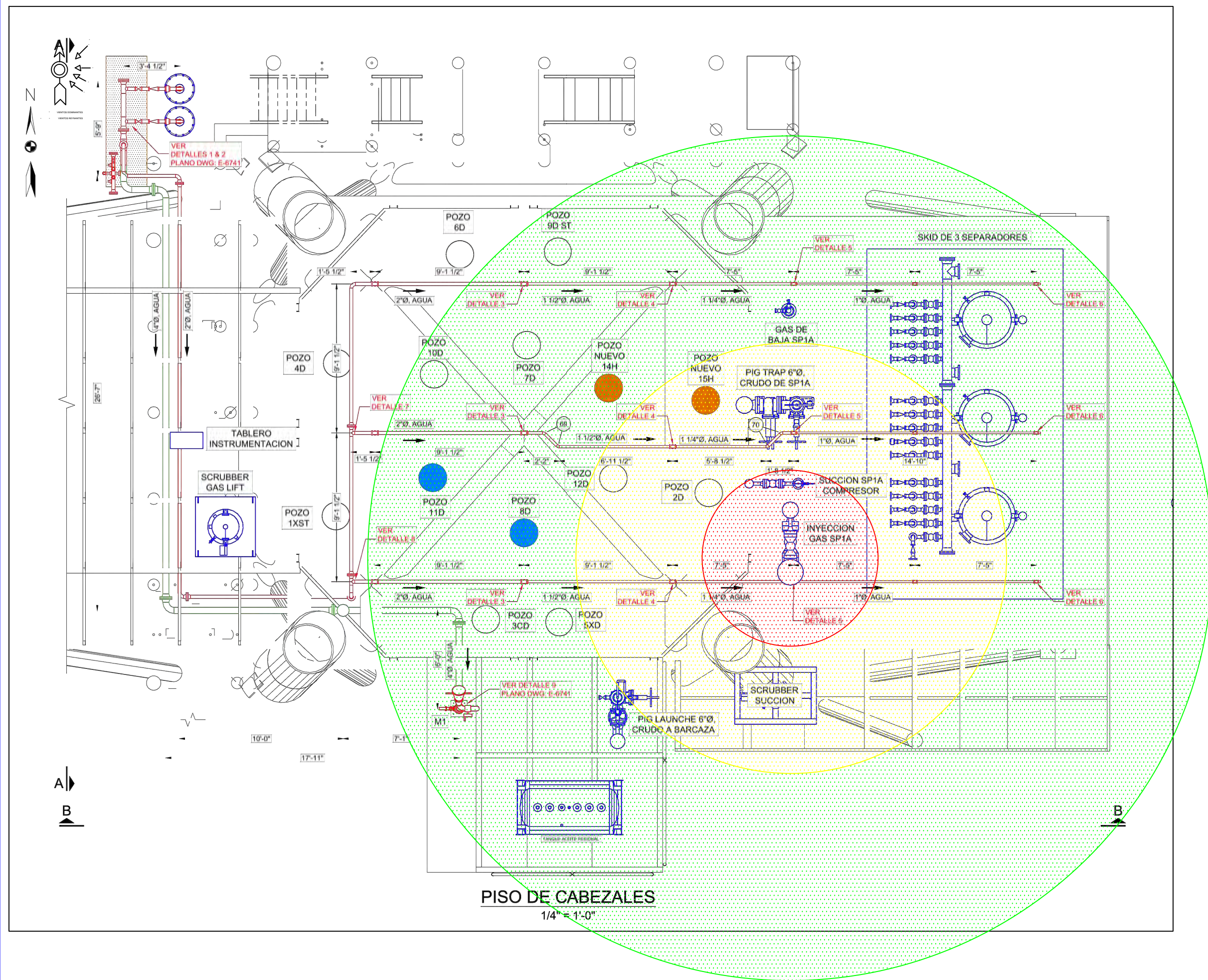


ANÁLISIS DE RIESGO

RADIACIÓN (JET FIRE)

DIAGRAMA DE PETALOS

ELABORO:	P.C.E		
REVISO:	I.R.G.		
APROBO:	I.R.G.		
NUMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISION DE PLANO:	REV. 0		



CROQUIS DE LOCALIZACIÓN

PROYECTO:
"DETERMINACIÓN DEL SIL REQUERIDO PARA LA PLATAFORMA DE PRODUCCIÓN SAN PEDRO 1 (SP1)"

SIMBOLOGIA

- Zona de Amortiguamiento (1.4 Kw/m²)
- Zona de Alto Riesgo (5.0 Kw/m²)
- Efecto Dominio (37.5 Kw/m²)

ESCENARIOS: HIPÓTESIS 7	PLANO 1	FECHA: ENERO DE 2016
----------------------------	---------	-------------------------

FUGA DE GAS AMARGO DEBIDO A UNA SOBREPRESIÓN EN LINEA DE INYECCIÓN DE GAS DE ALTA PRESIÓN; CON FORMACIÓN DE NUBE TÓXICA, INCENDIO, EXPLOSIÓN CON DAÑO AL PERSONAL, MEDIO AMBIENTE Y A LAS INSTALACIONES DERIVADO DEL BLOQUEO O RESTRICCIÓN DE LA VÁLVULA DE ESTRANGULAMIENTO

RADIACIÓN (1.5 F)

DAÑO A EQUIPOS 37.5 (Kw/m ²)	13.83m
ZONA DE ALTO RIESGO 5.0 (Kw/m ²)	33.84m
ZONA DE AMORTIGUAMIENTO 1.4 (Kw/m ²)	66.38m



ANÁLISIS DE RIESGO

RADIACIÓN (JET FIRE)

DIAGRAMA DE PETALOS

ELABORO:	P.C.E		
REVISO:	I.R.G.		
APROBO:	I.R.G.		
NUMERO DE PLANO:	H-1-P-1		
REVISION DE PLANO:	REV. 0		