UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

CONSTRUCCIÓN DE LAS PLANTAS CRIOGÉNICAS 3 Y 4 EN EL CPG BURGOS, REYNOSA

REPORTE DE ACTIVIDADES PROFESIONALES

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO

P R E S E N T A

VIANNEY MARTÍNEZ ZÁRATE

ASESOR: ING. ANGEL ALFONSO ROMERO SÀNCHEZ

CODIRECTOR: ING. ALEJANDRO SOSA FUENTES

México, D.F. Noviembre de 2007

Universidad Nacional Autónoma de México
UNAM
Biblioteca Central
Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

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.

Este trabajo está dedicado a la gente que guardo en mi corazón con amor y respeto:

A Dios, por estar en todo instante conmigo.

A mis padres, por su invaluable amor y el buen ejemplo que me han brindado.
A mis hermana, por su comprensión y amor.
A mis sobrinos, porque deseo ser también un buen ejemplo para ellos.
A Rubén, por la gran motivación que es en mi vida.

A mi amiga Adriana López.

A mis amigos de la Facultad de Ingeniería, porque no cambiaría por nada los momentos que pasamos juntos: Mariano, Miriam, Norma Edith, Mónica, Elizabeth, Gabriel, Franz, Uriel, Rodrigo, Augusto, Jeanne, Víctor Manuel, Leonardo Iván, César Antonio, César David, Gabriel Armando, Jazmín.

Al Ing. Ángel A. Romero, por su amistad, apoyo y disposición en la realización de este trabajo, además por transmitirme sus conocimientos y experiencias.

A mis amigos y compañeros de ICA FLUOR, que me han apoyado durante todo este tiempo a crecer como ingeniero y a los que aparte de ello, me han brindado su confianza y amistad:

Ing. Ricardo Fernández, Ing. Jorge Ocampo, Ing. Fernando Gutiérrez, Ing. Ma. Enriqueta Villalobos, Ing. Martín Guerrero, Ing. Mannie Abadie, Ing. Jeanne Murguía, Ing. Francisco J. García, Ing. Fernando Herrera, Ing. Carlos Méndez, Ing. Eduardo Sámano, Ing. Luis Gaspar, Ing. Juan P. López, Ing. Epifanio Escamilla, Ing. José L. Galicia, Ing. Luis A. Gutiérrez, Ing. Raymundo González.

A mis profesores de la Universidad, por transmitirme sus conocimientos y experiencias y porque a través de ellas me motivaron y engrandecieron mi amor por la ingeniería:

M.I. Rodolfo Lorenzo Bautista, Ing. Alejandro Sosa, Ing. Hugo A. Grajales, Ing. Raúl Martín del Campo, Ing. Jacinto Viqueira Landa, Ing. Alex Ramírez, Ing. J. Manuel Rojas, Ing. Armando Grande.

Al Dr. Fernández Zayas y al Ing. J. José López brindarme su apoyo y confianza en esta etapa de mi vida, sin olvidar lo valioso de su amistad-

En general, a todos mis Sinodales, por su amable colaboración para mejorar este trabajo.

INDICE

INTRODUCCION

CAPITULO 1 ……..1
MARCO CONTEXTUAL DE LAS PLANTAS CRIOGÉNICAS
3 Y 4 EN LA CUENCA DE BURGOS

CAPITULO 2 ……. 7
UBICACIÓN GEOGRÁFICA, CONDICIONES AMBIENTALES
Y DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA DISTRIBUCION ELÉCTRICA

CAPITULO 3.....13
DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES ELÉCTRICAS
DESARROLLADAS DURANTE EL PROYECTO
“PLANTAS CRIOGÉNICAS MODULARES REYNOSA 3 Y 4”

Clasificación de Áreas……14
Diagramas Unifilares, Esquemáticos y de Interconexión…….. 27
Sistemas de Fuerza y Control…….. 32
Sistemas de Alumbrado…… 60
Sistemas de Tierras y Pararrayos…… 65
Sistema SCADA…….. 75

CONCLUSIONES……. 76

ANEXOS

Anexo A…….. 78
Anexo B…….. 79
Anexo C…….. 80
Anexo D…….. 85
Anexo E……86

GLOSARIO…….89

BIBLIOGRAFÌA…….. 90

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo fue desarrollado para cumplir con los requisitos de la culminación de una etapa escolar en la Facultad de Ingeniería, con el objetivo de obtener el Título Profesional que me acredite como Ingeniero Eléctrico-Electrónico, así mismo obtener una gran satisfacción personal y que me aliente a no detenerme en este escalón, si no seguir subiendo muchos más en la pirámide del conocimiento y de la calidad profesional.

El trabajo que se muestra, ha sido parte de mi desempeño laboral dentro de la Disciplina de Ingeniería en el Departamento Eléctrico de ICA Fluor, empresa que tiene a su cargo proyectos industriales del tipo IPC, es decir, se encarga de la Ingeniería Procura y Construcción de los mismos, teniendo como uno de sus principales clientes a la paraestatal PEMEX.

El objetivo de este tema es el hacer una descripción, con el conocimiento que poseo hasta ahora, sobre lo que implica la construcción de las Plantas industriales Criogénicas 3 y 4 en específico, pero que comparte características con otro tipo de proyectos en los que he trabajado dentro de la empresa ICA Fluor.

Los capítulos primero y segundo se realizaron con la finalidad de dar al lector una breve panorámica del porqué de la realización de este proyecto, conceptos básicos y una idea de lo que representa esta planta en el entorno energético del país.

El capítulo tercero es un extracto de la normatividad, bases de diseño, especificaciones de construcción de los sistemas eléctricos involucrados en la planta pero haciendo más hincapié en el sistema con el que he estado involucrada más a fondo: los sistemas de fuerza y control.

Podría referirme solamente al sistema de Fuerza y Control en Reynosa 3 y 4, sin embargo, considero que esto estaría limitando mi campo de visión, ya que debo saber ubicar mi trabajo dentro de los demás sistemas que componen al área eléctrica teniendo en cuenta que tenemos mucha información compartida, que debemos respetar y considerar esta información porque en muchas ocasiones es significativa para la definición de mis diseños.

He vivido meses de ardua labor tanto en las horas destinadas al desarrollo del proyecto “Plantas Criogénicas 3 y 4” como por las noches, al tratar de ver completado este trabajo y no me cabe la menor duda de que la formación de un ingeniero no acaba en la escuela, se complementa con el hábito del estudio y el desarrollo práctico y día con día se debe ir perfeccionando, aunque eso conlleve un esfuerzo significativo, hasta que uno adquiera paulatinamente la política del desarrollo profesional continuo.

CAPÌTULO 1

MARCO CONTEXTUAL DE LAS PLANTAS CRIOGENICAS 3 Y 4 EN LA CUENCA DE BURGOS

Introducción

La Cuenca de Burgos es el yacimiento de gas más importante en México, actualmente uno de cada cinco metros cúbicos que se producen en el país provienen de este sitio, el cuál se encuentra ubicado en la franja fronteriza de los estados de Tamaulipas, Nuevo León y Coahuila.

Con la construcción del complejo Reynosa 3 y 4, el área de PEMEX Gas y Petroquímica Básica (PGPB) debe cubrir la oferta creciente en el procesamiento de gas húmedo en la Cuenca de Burgos, ya que, el Complejo Procesador de Gas Burgos (CPGB) Reynosa 1 y 2 existente no tiene la capacidad de procesar el gas adicional que se debe producir día con día para satisfacer las necesidades de sus clientes.

La capacidad de procesamiento es de 200 millones de pies cúbicos diarios de gas húmedo dulce por cada planta nueva. Es importante decir que dicha capacidad del CPGB se prevé que sea en el 2008 del 26% de la capacidad total de procesamiento del país con la construcción de sus nuevas plantas Criogénicas 5 y 6.

1.1. Definiciones

1.1.1. Hidrocarburos

Compuestos orgánicos que contienen carbono e hidrógeno. Son los compuestos orgánicos más simples y pueden ser considerados como las sustancias principales de las que se derivan todos los demás compuestos orgánicos.

1.1.2. Gas natural

Es una mezcla de hidrocarburos, generalmente se encuentra en estado gaseoso en condiciones ambientales normales de presión y temperatura, está presente en forma natural en estructuras subterráneas. El gas natural consiste principalmente de metano (80-95%) y proporciones significativas de otros hidrocarburos más pesados como etano, propano, butano, pentanos y gasolina natural (naftas). Habrá siempre alguna cantidad de trazas de nitrógeno, bióxido de carbono, ácido sulfhídrico, agua y/o aceite asociado con el gas (Ver Fig. 1.1)

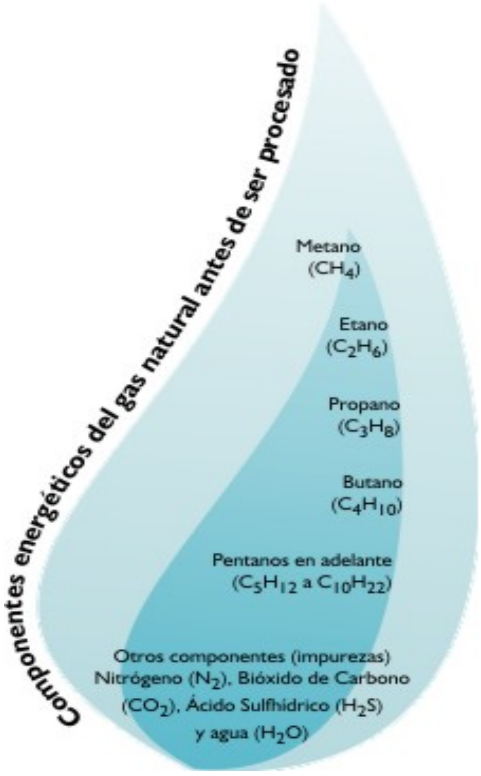


Fig. 1.1. Componentes del gas natural

1.1.3. Gas húmedo dulce

El gas húmedo dulce es la materia prima en las Plantas Criogénicas y se le extrae de los yacimientos de la Cuenca de Burgos en Reynosa.

Este gas es gas natural que contiene cantidades muy pequeñas de ácido sulfhídrico y bióxido de carbono, también posee vapor de agua e hidrocarburos licuables a temperatura y presión ambiente.

1.1.4. Gas natural licuado (Liquefied Natural Gas - LNG)

Gas natural que para facilidad de transportarlo ha sido licuado mediante enfriamiento a aproximadamente menos 161°C a presión atmosférica. El gas natural es 600 veces más voluminoso que el gas natural licuado.

1.1.5. Metano (CH_4)

Es el componente principal del gas natural, pero también está presente en las capas de carbón, y es producido por animales y por la descomposición de los vegetales. Es un gas ligero, sin color, sin olor e inflamable bajo condiciones normales. A presión atmosférica se licúa a -162°C.

El metano es apreciado como combustible y para producir cloruro de hidrógeno, amoníaco, etino y formaldehído.

1.1.6 Etano (C_2H_6)

Segundo miembro de la serie de los hidrocarburos saturados, se licua a -183.2 °C. Presente en la mayor parte de los casos referentes al gas natural.

1.1.7. Propano (C_3H_8)

Se encuentra en pequeñas cantidades en el gas natural; gaseoso en condiciones normales. Se le emplea como combustible automotriz, para cocinar y para calefacción. A presión atmosférica el propano se licúa a -42°C.

1.1.8 Butano (C_4H_{10})

Normalmente se encuentra en estado gaseoso pero se licúa fácilmente para transportarlo y almacenarlo; se utiliza en gasolinas y también para cocinar

1.1.9. Naftas

Las naftas son líquidos volátiles e inflamables obtenidos por destilación de compuestos orgánicos como el gas natural. Los tipos de naftas: liviana y pesada, se diferencian por el rango de destilación.

Estas sustancias son utilizadas como carga para la producción de gasolina, para la producción de solventes y en la industria de pinturas.

1.2. Actividades de PEMEX para el suministro de gas a sus clientes

Los procesos que PEMEX lleva a cabo para llevar hasta el cliente el producto son 3:

a) Producción

b) Transporte

c) Comercialización

1.2.1. Producción

En PEMEX, se utilizan básicamente cuatro etapas de tratamiento para gas natural (Ver Fig. 1.2) y éstas inician generalmente de la obtención de gas amargo de los yacimientos naturales. Se describirá el proceso brevemente:

a) Endulzamiento de gas y condensados: consiste en la separación de gases ácidos de la corriente de hidrocarburos, específicamente ácido sulfhídrico (H_2S) y bióxido de carbono (CO_2). El gas alimentado se denomina “amargo”. Se obtienen dos productos intermedios:

- Gas húmedo dulce

- Gas ácido

b) Recuperación de azufre: Los gases ácidos producto del proceso de endulzamiento son convertidos a través de reacciones térmicas y catalíticas a azufre elemental. El azufre, como

producto terminado se comercializa en el mercado nacional e internacional. Este proceso evita la emisión descontrolada de compuestos de azufre a la atmósfera.

c) Recuperación de licuables: El gas húmedo dulce es separado en dos corrientes, una correspondiente a un producto intermedio líquido, conocido como licuables del gas o líquidos criogénicos (etano e hidrocarburos) y otra gaseosa, correspondiente a un producto terminado denominado "gas natural", que constituye el principal producto comercializado por PEMEX Gas en territorio nacional.

d) Fraccionamiento de hidrocarburos: Los licuables del gas son separados en tres productos terminados: etano, gas licuado (gas doméstico, LNG) y naftas (ligeras y pesadas). Estos productos son distribuidos y comercializados en territorio nacional o exportados, dependiendo de las condiciones de mercado.

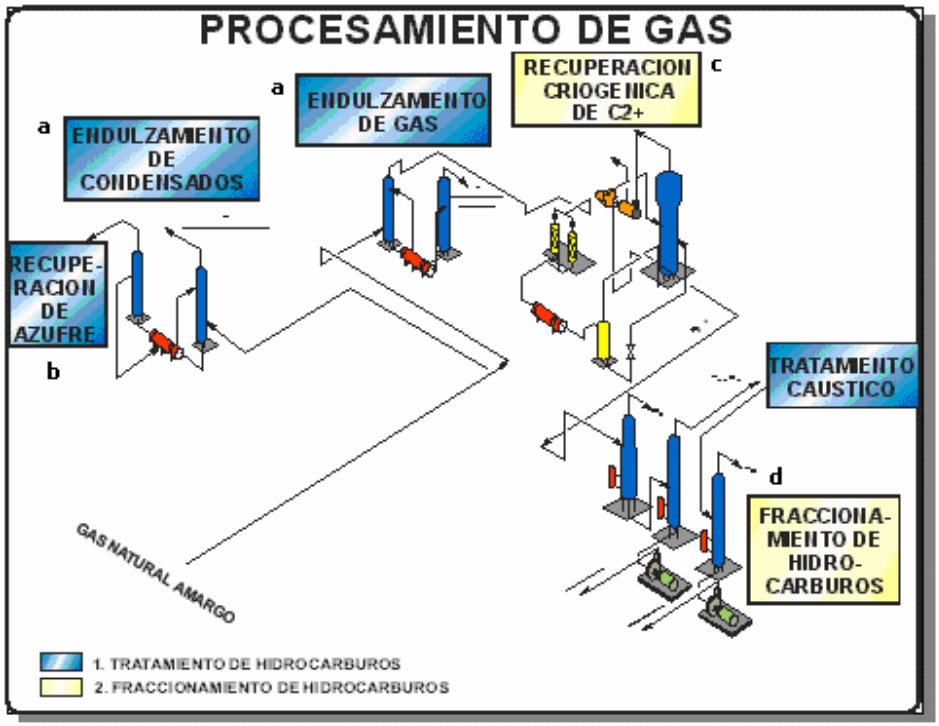


Fig. 1.2. Etapas en el procesamiento de gas

1.2.1.1. Proceso en las Criogénicas Reynosa 3 y 4

Dentro de los 4 puntos anteriores, el proceso de producción criogénico corresponde al punto de recuperación de licuables (Ver Fig. 1.3), se explica brevemente el proceso:

El proceso criogénico recibe gas húmedo dulce de las plantas endulzadoras de gas y en algunos casos directamente de los campos productores, el cual entra a una sección de deshidratado, donde se remueve el agua casi en su totalidad, posteriormente es enfriado por corrientes frías del proceso y por un sistema de refrigeración mecánica externo.

Mediante el enfriamiento y la alta presión del gas es posible la condensación de los hidrocarburos pesados (etano, propano, butano, etc.), los cuales son separados y enviados a rectificación en la torre desmetanizadora.

El gas obtenido en la separación pasa a un turboexpansor, donde se provoca una diferencial de presión (expansión) súbita, enfriando aún más esta corriente, la cual se alimenta en la parte superior de la torre desmetanizadora.

El producto principal de esta planta es el gas residual (gas natural, básicamente metano, listo para su comercialización), el cual es inyectado al Sistema Nacional de Ductos para su distribución y, en algunos lugares, se usa como bombeo neumático. No menos importante es el producto denominado líquidos del gas natural, el cual es una corriente en estado líquido constituida por hidrocarburos licuables, esta corriente constituye la carga de las plantas fraccionadoras.

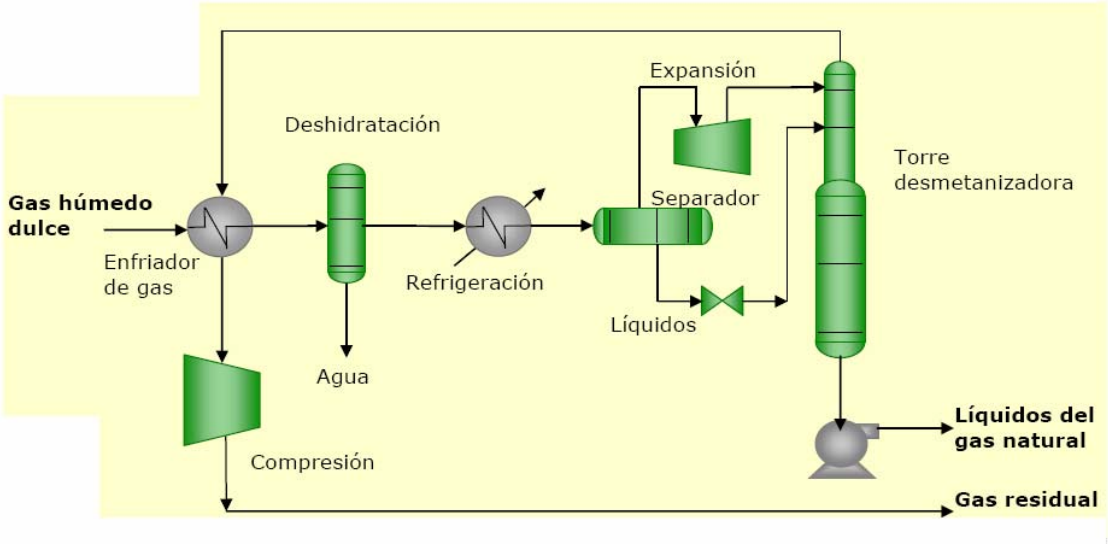


Fig. 1.3. Esquematización del proceso criogénico

1.2.2. Transporte

El gas natural se transporta y distribuye hasta los usuarios finales por medio de ductos de acero de diámetros variables. Por ello es necesario que el usuario, principalmente el sector eléctrico e industrial, interconecte sus instalaciones al sistema de transporte existente, o a una red de distribución cercana.

Las estaciones de compresión proveen la energía necesaria para hacer llegar el gas natural a través del territorio nacional.

El uso de este modo de transporte se ha extendido en el mundo, por sus bajos costos operativos, altos índices de seguridad, superiores a cualquier otro medio de transporte, normas sobre la protección del medio ambiente más estrictas, así como la creciente demanda por energía.

1.2.3. Comercialización

El gas natural representa aproximadamente el 47 % de los combustibles utilizados en el país y el 72 % de nuestra petroquímica se deriva del metano y etano contenido en el gas, de ahí la importancia de este recurso como energético y como petroquímico.

Los principales productos que comercializa PEMEX son el gas natural y el gas licuado, el primero se destina al sector eléctrico, industrial, clientes de consumo residencial, así como a otros organismos subsidiarios; mientras que el gas licuado se destina primordialmente al sector doméstico.

En el ámbito del comercio exterior, PEMEX Gas tiene más de 10 años comercializando con los E.U, su principal cliente, las operaciones de comercio exterior las realiza a través de su empresa filial MGI Supply Ltd.

Las operaciones de comercio exterior que realiza MGI tienen por objeto administrar el déficit o superávit de gas natural en el Sistema Nacional de Gasoductos. Las actividades de MGI se enfocan a la compra, venta, almacenamiento, intercambio, transporte y comercialización de gas natural en los Estados Unidos y Canadá.

1.2.4. Medición

El poder calorífico expresa la energía máxima que puede liberar la reacción química total entre un combustible y el comburente y es igual a la energía que mantenía unidos los átomos en las moléculas de combustible.

El poder calorífico del gas natural depende de su composición química; entre mayor sea la cantidad de hidrocarburos más pesados que el metano que contenga, mayor será su poder calorífico.

CAPÍTULO 2

UBICACION GEOGRÁFICA, CONDICIONES AMBIENTALES Y DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA

2.1. Objetivo de la construcción de las Plantas Criogénicas 3 y 4

El proyecto se inició el 15 Septiembre del 2004 y la fecha de terminación fue programada para el día 14 de mayo del 2006. Este proyecto fue del tipo “Llave en mano”, es decir, incluyó la ingeniería, procuración, construcción y puesta en marcha, por lo cual, al final de dicho periodo se tuvieron:

Dos plantas Criogénicas recuperadoras y fraccionadoras de gases licuables, que procesan diariamente 200 millones de pies cúbicos de gas húmedo dulce. Como productos de las plantas terminadas se obtiene:

- Gas seco
- Gas LP
- Naftas ligeras y Naftas pesadas

Éstas últimas son actualmente enviadas para su almacenamiento y posterior venta en la Terminal de distribución de productos del mismo complejo.

2.2. Ubicación geográfica y condiciones ambientales

El CPGB, se encuentra localizado en el kilómetro 20 de la Carretera Federal Reynosa-Monterrey en el Estado de Tamaulipas. En el anexo A se muestra el plano de ubicación de las Plantas Criogénicas 3 y 4.

Las condiciones ambientales en el sitio de construcción que se consideraron en el diseño se muestran en la Tabla 2.1:

Variable	Valor
Altitud	34 msnm
Temperatura mínima extrema	-10 °C
Temperatura máxima extrema	45 °C
Temperaturas promedio:	
Mínima anual	13 °C
Máxima anual	33 °C
Velocidad máxima del viento	180 km/hr
Humedad máxima promedio	12 %

Tabla 2.1. Condiciones ambientales en sitio

2.3. Descripción del sistema de eléctrico de la planta

2.3.1. Objetivos

El diseño de la instalación eléctrica en el complejo tiene como objetivos brindar:

- Seguridad al personal y equipo
- Confiabilidad, continuidad y flexibilidad del servicio
- Facilidad y accesibilidad de operación y mantenimiento
- Ahorro de energía
- Protección al medio ambiente

Para alcanzar esos objetivos, se desarrollo la ingeniería bajo normas y estándares para el diseño y construcción de la planta y se verificó su cumplimiento a través de una Unidad Verificadora de Instalaciones Eléctricas.

2.3.2. División de la planta en áreas

Para una mejor distribución eléctrica dentro de la planta, ésta se clasificó en 5 áreas principales, cada una con un alcance específico en el funcionamiento global del proceso. El consumo eléctrico de cada área se mencionará a continuación en la Tabla 2.2.

Área	Nombre del área	Servicio eléctrico requerido para	Carga instalada [kW]
33	Planta criogénica modular 3	Motores de bombas Motores de soloaires Iluminación Servicios a turbocompresores Sistemas de Control e Instrumentación	3,044.45
44	Planta criogénica modular 4	Motores de bombas Motores de soloaires Iluminación Servicios a turbocompresores Sistemas de Control e Instrumentación	2,285.91
53	Áreas de Almacenamiento (Gas LP, Naftas Ligeras y Pesadas)	Iluminación Servicios Sistemas de Control e Instrumentación	1,226.00
54	Terminal de Recibo y Distribución de Gasolinas Naturales	Motor de bomba de condensados Compresores de aire Motores de bombas de naftas pesadas Iluminación Sistemas de Control e Instrumentación	
55	Servicios Auxiliares e Integración	Sistema de desfogues y contra incendio Iluminación general del complejo Servicios del turbogenerador Áreas administrativas y talleres Sistemas de Control e Instrumentación	
		Total de carga instalada:	6,556.36
		Total de energía disponible en TG-2:	5,173 .00
		Carga en operación (basado en el 100% de la potencia de los equipos en operación):	5909.64
		Consumo garantizado:	4,190.00

Tabla 2.2. Consumo eléctrico en las instalaciones

Vista de la construcción de una de las plantas Criogénicas (Áreas 33 y 44)

Área de almacenamiento, tanques esféricos (Área 53)

Terminal de distribución (Área 54)

Edificios administrativos (Área 55)

2.3.3. Sistema de distribución eléctrica de la planta

A continuación se resaltan los puntos más importantes acerca del sistema de distribución eléctrica para el complejo y que me fue necesario conocer para el diseño de las instalaciones, ya que éstos involucran información útil para desarrollar mi trabajo.

Debo decir que no se detallará en la arquitectura del arreglo o en los equipos que conforman cada subestación, porque esto es una parte desarrollada en la ingeniería básica, actividad en la que no me involucré a fondo.

La descripción del sistema eléctrico es la siguiente:

a) Es un sistema radial de doble acometida con secundario selectivo e interruptor de enlace normalmente abierto, en los niveles de tensión de 13,800-480 V y 480-220/127 V.

b) El suministro primario de energía eléctrica es a través del turbogenerador 2 (TG-2) a gas, a una tensión de generación de 13.8 kV a 5.173 MVA's, el cual cubre, de manera continua, la totalidad de la demanda de las cargas eléctricas del complejo 3 y 4.

c) El sistema de distribución primario quedó soportado por el suministro de energía de respaldo de CFE en 138 kV, tensión que se reduce en la subestación CFE-1 de 138 a 13.8 kV. Este sistema tiene la capacidad para respaldar a un par de plantas criogénicas y opera cuando cualquier generador esté fuera de servicio (TG-1 ó TG2).

d) En el tablero de distribución TDP-01, localizado en la SE 1, se recibe el suministro eléctrico del Turbogenerador 1 (TG-1) en el bus A, y en el bus B el Turbogenerador 2 (TG-2) y el respaldo de CFE, todos ellos en la tensión de 13.8 kV. Estas 3 fuentes de alimentación operan permanentemente sincronizadas. De esta subestación, se suministró la energía a las subestaciones eléctricas 15 y 17.

Nota: Se incluyó un sistema de control de carga con el que se ajusta la demanda de carga para cada uno de los generadores, esto incluyó la implementación de un esquema de derrame de carga (Load Shedding). Con el cual se sincronizó la operación de los gobernadores.

Los servicios eléctricos de las instalaciones de la planta, están distribuidos de la siguiente manera:

Subestación eléctrica No. 1 (SE 1, Subestación de Enlace)

Esta subestación se encarga del suministro de energía total de la planta, con la acometida de 2 turbogeneradores de potencia mínima de 5.173 MW a 13.8 kV, probada y adecuada a las condiciones de temperatura y presión de sitio, así como una fuente de respaldo de CFE (Subestación CFE-1, de 138-13.8 kV).

Áreas que abastece: 33, 44, 53, 54 y 55

Vista de la SE 1

Subestación eléctrica No. 15 (SE 15)

Subestación encargada de suministrar y controlar la energía a las plantas modulares 3 y 4. Su alimentación es de la SE 1 hasta el tablero de potencia TDP-15 en 3 fases, 3 hilos y 13.8 kV, que llegan a ella por medio de dos circuitos alimentadores conformados por cable con nivel de aislamiento para 15 kV tipo XLP, para complementar el esquema de doble alimentador con interruptor de enlace.

Del tablero TDP-15 se suministra energía a los tableros TDB-15-1 y TDB-15-2 en 480 V para la operación directa de las Criogénicas 3 y 4 mediante alimentadores enlazados a transformadores con las siguientes características:

4 transformadores de 2000 kVA, 13,800-480 V, z= 7%, enfriamiento ONAN, 55/65°C

También del tablero TDP-15 en 13.8 kV, se suministra carga para la SE 17 a 480 V, mediante:

2 transformadores de 1000 kVA, 13,800-480 V, z= 5.75%, enfriamiento ONAN, 55/65°C

Subestación eléctrica No. 17 (SE 17)

Se encarga del suministro de energía al área de almacenamiento, bombeo y distribución de los productos, así como a servicios auxiliares y periféricos propios para operación de la planta en una tensión de 480 V.

Adicionalmente, a través de 2 transformadores de relación 480-220V, conectados a sus buses se alimentan cargas de menor voltaje como son tableros de alumbrado, contactos y algunas bombas.

La descripción de los transformadores conectados es:

2 transformadores de 225 kVA, 480-220/127 V, z= 4%, enfriamiento ONAN, 55°/65°C

Subestación eléctrica No. 12 (SE 12)

Esta subestación es existente desde el proyecto Criogénicas 1 y 2 y a la cual se hicieron modificaciones para alimentar el sistema de iluminación de vialidades de las nuevas plantas.

CAPÍTULO 3

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES ELÉCTRICAS DESARROLLADAS DURANTE EL PROYECTO "PLANTAS CRIOGÉNICAS MODULARES REYNOSA 3 Y 4"

Introducción

El siguiente capítulo que desarrollé tiene como objetivo, realizar una descripción general de las actividades llevadas a cabo por la disciplina eléctrica para el complejo Reynosa 3 y 4. Durante este proyecto, tuve la oportunidad de conocer, desarrollar y aplicar en menor grado cada una de ellas, sin embargo mi labor central se basó en el diseño de instalaciones de Distribución de Fuerza y Control y por ello, en el siguiente capítulo se nota la mayor cantidad de información relacionada con esos sistemas.

En el proceso de ingeniería básica y de diseño eléctrico se llevaron a cabo distintas labores, surgiendo entonces la necesidad de colaboración y coordinación interdisciplinaria, así mismo como lo fue con otras disciplinas como la civil, sistemas de control, arquitectura, etc.; resaltando que como ingeniero se les debe tener en cuenta, ya que con ellas se tiene una visión global de los aspectos que involucran la construcción, arranque y puesta en marcha de un proyecto de estas características.

A continuación se listan los trabajos generados por la Disciplina Eléctrica para el CPGB Reynosa 3 y 4:

a) Elaboración de las bases de diseño.
b) Elaboración de lista de equipo eléctrico
c) Revisión de especificaciones de equipo
d) Requisiciones de equipo
e) Adquisición de equipo
f) Evaluación técnica de equipo
g) Desarrollo de diagramas unifilares
h) Arreglos de equipo de subestaciones eléctricas nuevas y modificaciones a las subestaciones existentes
i) Desarrollo de sistemas de fuerza en media y baja tensión
j) Control en sistemas de distribución aéreos y subterráneos
j) Distribución de fuerza y control dentro de las subestaciones nuevas y existentes
k) Expansión del sistema de monitoreo de parámetros eléctricos
l) Sistemas de alumbrado en interiores, exteriores, vialidades y perimetral
m) Sistemas de tierras y pararrayos
n) Clasificación de áreas peligrosas
o) Sistemas de distribución para alimentaciones en 120 V desde fuentes de energía ininterrumpibles o normales
p) Modelo en 3 dimensiones para los sistemas de canalizaciones subterráneas
q) Selección de unidades de alumbrado, cajas de jalado, cajas de conexiones y equipos mayores
r) Adición de equipo principal para generación de energía eléctrica en la SE 1
s) Modificaciones en la subestación CFE-1 en 138 kV, para operar en modo de interconexión
t) Implementación del control de carga entre generadores y la línea de alimentación de CFE
u) Especificación y adquisición de materiales.

Durante mi tiempo de colaboración en el diseño eléctrico, me involucré continuamente con los siguientes sistemas y en ellos se basará el desarrollo de este capítulo:

I) Clasificación de Áreas Peligrosas
II) Diagramas Unifilares, Elementales y Esquemáticos
III) Sistemas de Distribución de Fuerza y Control
IV) Sistemas de Alumbrado
V) Sistemas de Tierras y Pararrayos
VI) Sistema de Adquisición de Datos (SCADA)

3. Sistemas eléctricos que fueron desarrollados para el proyecto Criogénicas 3 y 4

3.1. Clasificación de áreas peligrosas

3.1.1. Objetivo

El objetivo del la Clasificación de Áreas es definir la peligrosidad de las diferentes áreas de una planta de este tipo, de acuerdo a la clase de sustancias que ahí se manejarán, para establecer un criterio de selección de equipo y materiales eléctricos a instalar.

3.1.2. Introducción

Las instalaciones de PEMEX son consideradas de alto riesgo debido a los productos que maneja y las operaciones que realiza. Podemos mencionar que entre sus principales actividades se encuentran la operación y mantenimiento de instalaciones para la extracción, recolección, separación, transformación, refinación, almacenamiento, medición y transporte de hidrocarburos.

Teniendo en cuenta la importancia de estas actividades, es necesaria la colaboración de diversas disciplinas de la Ingeniería, con el objetivo de estandarizar criterios, metodología, procesos y especificaciones para garantizar la confiabilidad de los materiales, equipos e instalaciones, a fin de que éstas operen de manera eficiente y segura, tomando en cuenta la seguridad de operación y el cuidado al medio ambiente.

En lo que se refiere a este apartado, me fue importante tener una visión general de lo que es la Clasificación de Áreas Peligrosas, conocer y desarrollar de manera global, los parámetros para definirlas, así como los tipos de cuidados que se deben tener para el diseño eléctrico y selección de material para su uso dentro de ellas, buscando minimizar los riesgos asociados con las actividades de este tipo de industrias.

3.1.3. Criterios de clasificación de áreas peligrosas

3.1.3.1. Definición

La definición de PEMEX para la “Clasificación de Áreas Peligrosas” es la siguiente:

> **“Se define como el ordenamiento de las áreas de una instalación en función de un riesgo por la presencia de atmósferas peligrosas”.**

Los ambientes se clasifican dependiendo de las propiedades de los vapores, líquidos o gases inflamables, o de polvos o fibras combustibles que puedan estar presentes en el ambiente, así como la posibilidad de que se encuentren en cantidades o concentraciones peligrosas de tal manera que pudieran causar un incendio o explosión.

Para tener una mejor visualización y hacerla del conocimiento de todas las disciplinas involucradas en el diseño de la planta, se elaboran tantos planos de Clasificación de Áreas como sean necesarios, tomando como base el diagrama de Proceso e Instrumentación, el plano de arreglo general de la planta y básicamente los tipos de sustancias peligrosas que se manejan. Estos planos nos ayudarán a la selección correcta de equipos y materiales.

Las extensiones de las áreas clasificadas, indicadas en los dibujos en planta y elevaciones, se determinan radialmente a partir de las fuentes de peligro, indicando las distancias respectivas en metros. Para respaldar esta información, se proporcionó a PEMEX la memoria de cálculo correspondiente reflejando el procedimiento empleado en la determinación de los límites de las áreas clasificadas como peligrosas.

Para el proyecto Criogénicas 3 y 4, los planos elaborados, fueron de las áreas destinadas a proceso o almacenamiento de sustancias líquidas o gaseosas fácilmente inflamables.

A continuación en la Tabla 3.1, se listan los productos y sustancias que están comúnmente presentes en las Plantas Criogénicas 3 y 4. Y sobre los cuales se integró el estudio de Clasificación de Áreas con datos físicos y químicos de cada una de ellas para así establecer su nivel de peligrosidad y así mismo definir la extensión del área a ocupar en el plano de Clasificación de Áreas.

Sustancias presentes en el complejo Criogénicas 3 y 4
Etano
Propano
Metano
Butano
Gas natural
Metanol
Otros

Tabla 3.1

3.1.4. Normatividad aplicable a la Clasificación de Áreas

NOM-001 SEDE 1999, Art.500	“Instalaciones Eléctricas (Utilización), Áreas Peligrosas”
NFPA-70	Edición del “National Electrical Code”
API-RP-500	Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities Classified as Class 1, Division 1 and Division 2
NFPA–497	Recommended Practice for the Classification of Flammable Liquids, Gases, or Vapors and of Hazardous (Classified) Locations for Electrical Installations in Chemical Process Areas
NRF-036-PEMEX	Clasificación de Áreas Peligrosas y Selección de Equipo Eléctrico

3.1.5. Atmósferas peligrosas y grupos de atmósferas

3.1.5.1. Atmósferas peligrosas para Reynosa 3 y 4

Basados en la NOM-01-SEDE-1999, Art. 500, obtenemos las definiciones de las Clases de Áreas siguientes, que fueron las aplicables a las plantas Criogénicas 3 y 4:

Clase I.

Las áreas Clase I son aquellas en las cuales están o pueden estar presentes en el aire, gases o vapores inflamables en cantidades suficientes para producir mezclas explosivas o inflamables. Las áreas Clase I, deben incluir aquellas especificadas en los incisos (a) y (b) descritos a continuación.

a) Clase I, División 1.

Un área Clase I División 1 es aquella (1) en donde, bajo condiciones normales de operación, existen concentraciones de gases o vapores inflamables, (2) en donde frecuentemente, debido a labores de reparación, mantenimiento o fugas, existen concentraciones en cantidades peligrosas de gases o vapores, (3) en donde debido a roturas o mal funcionamiento de equipos o procesos, pueden liberarse concentraciones inflamables de gases o vapores, y pueden también causar simultáneamente una falla en el equipo eléctrico.

b) Clase I, División 2.

Un área Clase I, División 2, es aquella: (1) en donde se manejan, procesan o se usan líquidos volátiles inflamables o gases inflamables, pero en donde normalmente los líquidos, vapores, o gases, están confinados dentro de recipientes cerrados o sistemas cerrados de donde ellos pueden escapar sólo en el caso de una ruptura accidental o avería de los recipientes o sistemas, o en el caso de una operación anormal del equipo; (2) en áreas en donde concentraciones inflamables de gases o vapores son normalmente prevenidas por medio de una ventilación mecánica positiva, y la cual puede convertirse en peligrosa por la falla o por la operación anormal del equipo de ventilación; o (3) que el área se encuentra adyacente a un área Clase I División 1, hacia donde pueden llegar ocasionalmente concentraciones inflamables de gases o vapores, a menos que la vía de comunicación se evite por medio de un adecuado sistema de ventilación de presión positiva de una fuente de aire limpio y se disponga de dispositivos adecuados para evitar las fallas del sistema de ventilación.

3.1.5.2. Grupos de Atmósferas Peligrosas

Para propósitos de prueba, aprobación y clasificación de áreas, se han agrupado varias mezclas no enriquecidas con oxígeno, aplicables a la Clase 1.

El grupo D es el aplicado a este proyecto, sin embargo, se mencionarán los 4 grupos considerados, con base en sus características y con las siguientes designaciones:

a) Atmósferas grupos A, B, C y D que corresponden a las siguientes descripciones:

Grupo A: Atmósferas que contienen acetileno.

Grupo B: Atmósferas tales como butadieno, óxido de propileno, o hidrógeno (o gases o vapores equivalentes en peligrosidad al hidrógeno).

Grupo C: Atmósferas tales como ciclopropano, éter etílico o gases o vapores de peligrosidad equivalente.

Grupo D: Atmósferas tales como acetona, alcohol, amoníaco, benceno, benzol, butano, gasolina, hexáno, petróleo nafta, gas natural, propano, vapores de barniz solvente o gases o vapores de peligrosidad equivalente.

3.1.6. Clasificación de áreas peligrosas para las Plantas Criogénicas 3 y 4

Basados en las definiciones anteriores dadas por la normatividad, la disciplina Eléctrica elaboró la Memoria de Cálculo, y los planos correspondientes a ésta, observándose el predominio del ambiente Clase I Div 2 por la presencia y manejo de combustibles y gasolinas en recipientes cerrados, se muestra a continuación un cuadro resumen (Tabla 3.2) quedando la distribución de áreas dentro de la planta como sigue:

CLASIFICACIÓN DE ÁREAS DENTRO DE LAS PLANTAS REYNOSA 3 Y 4		
Número	**Nombre**	**Clasificación asignada**
1	Turbocompresores	Clase I División 1 Clase I División 2 Grupo D
2	Soloaires	Clase I División 1 Clase I División 2 Grupo D
3	Tanques de Almacenamiento	Clase I División 2 Grupo D
4	Área de Tanques	Clase I División 2 Grupo D
5	Casa de Bombas y Nafta Pesada	Clase I División 2 Grupo D
6	Llenaderas	Clase I División 2 Grupo D
7	Turbogeneradores	Clase I División 2
8	Cuarto y Patín de Medición	Clase I División 2 Grupo D
9	Recuperación de Condensados	Clase I División 2 Grupo D
10	Separación de Desfogues	Clase I División 1 Clase I División 2 Grupo D
11	Tanques de Sellos	Clase I División 1 Clase I División 2 Grupo D

Tabla 3.2

En el Anexo B se muestra un plano correspondiente a un área clasificada.

3.1.7. Material eléctrico a utilizar

Debido a lo anterior y con apego a la normatividad vigente, es posible realizar un cuadro sinóptico que define el material eléctrico a utilizar en los diferentes puntos de la planta.

Se hace hincapié en un hecho que genera la experiencia adquirida por PEMEX durante estos últimos años y es que en ocasiones nuestro cliente exige se sobrepasen los parámetros de seguridad en Áreas Clasificadas recomendados por la NFPA-70, esto debido a accidentes ocurridos en sus plantas, como en el Complejo Procesador de Gas Cactus, en Chiapas donde en el año de 1996 ocurrió uno de los más graves accidentes en sus instalaciones, generada por una fuga de gas, razón por la cual fue necesario reforzar las condiciones de seguridad. Así, encontramos que en áreas designadas como Clase I División 1 ó Clase I División 2, se utilizó material y accesorios a prueba de explosión.

Accidente en Planta Criogénica Cactus, Chiapas 1996.

El equipo y material eléctrico, para áreas Clase I, deben cumplir con los requerimientos de selección y de instalación de acuerdo a lo indicado en la Tabla 3.3 que se muestra a continuación, se debe resaltar que ningún tipo de equipo eléctrico o fuente de calor debe exceder del 80 % de la temperatura de ignición de los productos inflamables que se manejan, según lo indicado en la NOM-001:

TABLA 3.3. APLICACION DE EQUIPO Y MATERIAL ELECTRICO EN AREAS PELIGROSAS				
Equipo y Materiales		**Clasificación de área**	**Requisito de norma para selección**	**Requisito de norma para instalación**
1.0	Motor de Inducción tipo Jaula de Ardilla.	Clase 1 División 1	A Prueba de Explosión.	Montaje fijo, con tubo conduit rígido metálico, roscado, pared gruesa tipo pesado, de acuerdo a la NMX-J-534-ANCE-2001. En todos los casos, deben tener sello tipo EYS ó similar, con cople metálico flexible a prueba de explosión, máximo a 45 cm de la caja de conexiones. La caja de conexiones, se debe conectar a tierra, de acuerdo a lo indicado en la NOM-001-SEDE-1999.
		Clase 1 División 2	TEFC. Totalmente cerrado enfriado con ventilador, a prueba de explosión, hasta 1000 HP. De mayor capacidad, debe ser tipo TEWAC (Totalmente cerrado autoenfriado con intercambiador de calor agua-aire) y TEAAC (Totalmente cerrado autoenfriado con intercambiador de calor aire-aire).	Ídem al anterior.
2.0	Estación de botones para control de motores.	Clase 1 División 1 Clase 1 División 2	Deben suministrarse dentro de cajas a prueba de explosión, a prueba de intemperie y resistente a la corrosión.	Se debe instalar un sello en el tubo conduit máximo a 45 cm de la estación de botones. Entre el sello y la estación de botones solo se permite instalar tubo conduit o accesorios a prueba de explosión.

TABLA 3.3. APLICACION DE EQUIPO Y MATERIAL ELECTRICO EN AREAS PELIGROSAS				
Equipo y Materiales		**Clasificación de área**	**Requisito de norma para selección**	**Requisito de norma para instalación**
3.0	Luminarias (con lámpara de descarga).	Clase 1 División 1	A Prueba de Explosión. Cada luminaria debe estar aprobada como un ensamble completo para Áreas Clase I División 1, y tener claramente marcada la potencia máxima de las lámparas para las cuales está aprobada. Potencia limitada a 250 watts para lámparas de vapor de sodio alta presión y protegida contra daños mecánicos por medio de guardas.	La instalación debe efectuarse con tubo conduit rígido metálico, roscado, pared gruesa tipo pesado, de acuerdo a la NMX-J-534-ANCE-2001. Con conexiones roscadas al 100 % (a tope). Para el montaje colgante, si se requiere instalar una luminaria con tubo conduit a mas de 30 cms de la caja de salida, el tubo debe fijarse rígidamente a una distancia no mayor de 30 cms de la luminaria, o en su caso, para dar la flexibilidad necesaria, se debe instalar un cople metálico flexible a prueba de explosión máximo a 30 cms de la caja de salida. Las cajas o accesorios para la instalación de la luminaria deben estar aprobados para tal propósito y para lugares Clase1, División 1.
		Clase 1 División 2	Deben ser herméticos a líquidos y a prueba de vapor. Cuando la lámpara, en condiciones normales, alcance temperaturas superficiales en exceso del 80% de la temperatura de ignición del gas o vapor relacionado, las luminarias deben cumplir con el requerimiento indicado para Clase 1 Division1.	Ídem al anterior.

TABLA 3.3. APLICACION DE EQUIPO Y MATERIAL ELECTRICO EN AREAS PELIGROSAS				
Equipo y Materiales		**Clasificación de área**	**Requisito de norma para selección**	**Requisito de norma para instalación**
4.0	Contacto trifásico con interruptor	Clase 1 División 2 Clase 1 División 2	A Prueba de Explosión, a prueba de intemperie y resistente a la corrosión.	La instalación debe efectuarse con tubo conduit rígido metálico, roscado, pared gruesa tipo pesado, de acuerdo a la NMX-J-534-ANCE-2001. Se debe instalar un sello en el tubo conduit, máximo a 45 cm del contacto. Entre el sello y el contacto solo se permite instalar tubo conduit o accesorios a prueba de explosión. Los contactos y las clavijas que se conecten a ellos, deben contar con un conector fijo para el conductor de tierra del cable.
5.0	Contactos monofásicos	Clase 1 División 1 Clase 1 División 2	A Prueba de Explosión, a prueba de intemperie y resistente a la corrosión.	Ídem al anterior.
6.0	Canalización de conductores	Clase 1 División 1 Clase 1 División 2	Solo se permite tubo conduit rígido metálico, roscado, pared gruesa tipo pesado, de acuerdo a la NMX-J-534-ANCE-2001. Para su instalación en ducto subterráneo, debe aplicar la misma especificación de tubería conduit descrita anteriormente, embebido en concreto armado, de acuerdo al procedimiento constructivo de Ingeniería Civil.	El acoplamiento entre extremos de tubo conduit debe hacerse a través de cople roscado del mismo material del tubo conduit, al 100 % de la rosca del cople en ambos extremos, aplicando previamente un producto anticorrosivo en la cuerda roscada sin inhibir la continuidad eléctrica. En accesorio o caja de conexiones, el acoplamiento debe hacerse al 100% de la rosca del accesorio con el cual se hace el acoplamiento. En ducto subterráneo, en áreas de no circulación de trafico, debe tener una profundidad mínima de 50 cm, del nivel de piso terminado al nivel superior del ducto y en cruce de calles esta profundidad debe ser de 80 cm.

TABLA 3.3. APLICACION DE EQUIPO Y MATERIAL ELECTRICO EN AREAS PELIGROSAS				
Equipo y Materiales		**Clasificación de área**	**Requisito de norma para selección**	**Requisito de norma para instalación**
7.0	Sellos	Clase 1 División 1 Clase 1 División 2	Deben instalarse sellos en el interior de los tubos conduit para evitar el paso de gases, vapores o flamas de una parte de la instalación eléctrica a otra a través de la tubería conduit. El compuesto sellador debe ser resistente a la atmósfera o líquidos en contacto y tener un punto de fusión mínimo de 93°C. El espesor del sello debe tener una longitud por lo menos igual al diámetro de la tubería conduit, y en ningún caso, inferior a 16 mm.	En cada canalización eléctrica con acoplamiento a cajas de conexión o de cualquier dispositivo que produzca arco o chispa o altas temperaturas en operación normal, se debe instalar sellos tipo EYS o similar, máximo a 45 cms de la caja. Debe usarse cuando el tubo conduit pase de un área peligrosa a otra de distinta designación, el sello debe colocarse en cualquier lado del límite de dicha área, máximo a de 3 m del límite. Debe usarse cuando el tubo conduit este conectado a una caja que contenga derivaciones, terminales o empalmes. Entre las cajas de dispositivos y el sello no debe existir ninguna otra caja o dispositivo similar.
		Clase 1 División 2	Deben ser a prueba de explosión, roscadas para su conexión con el tubo conduit y con tapa roscada. Con tablillas terminales u otro sistema para fijar y conectar los conductores.	Idem al anterior.

TABLA 3.3. APLICACION DE EQUIPO Y MATERIAL ELECTRICO EN AREAS PELIGROSAS				
Equipo y Materiales		**Clasificación de área**	**Requisito de norma para selección**	**Requisito de norma para instalación**
8.0	Cajas de conexiones	Clase 1 División 1	Deben ser a prueba de explosión, roscados para su conexión con el tubo y con tapa roscada.	Debe instalarse sellos tipo EYS o similar para tubería conduit, a 45 cm máximo de la caja de conexión. El acoplamiento de la caja de conexión con el tubo conduit y los accesorios roscados adecuados para áreas peligrosas, deben ser instalados con herramienta apropiada para garantizar la conexión de la cuerda del tubo conduit con las entradas roscadas de la caja de conexiones a tope (al 100%) donde exista la posibilidad de que líquidos u otros vapores condensados puedan ser atrapados dentro de envolventes o para el equipo de control, o en cualquier punto del sistema de canalización, se deben instalar drenes y/o respiraderos tipo ECD o similar para evitar la acumulación o para permitir un drenaje de tales líquidos o vapores condensados.
		Clase 1 División 2	Deben ser a prueba de explosión, roscadas para su conexión con el tubo conduit y con tapa roscada. Con tablillas terminales u otro sistema para fijar y conectar los conductores.	Idem al anterior.

TABLA 3.3. APLICACION DE EQUIPO Y MATERIAL ELECTRICO EN AREAS PELIGROSAS				
Equipo y Materiales		Clasificación de área	Requisito de norma para selección	Requisito de norma para instalación
9.0	Conductores	Clase 1 División 1. Clase 1 División 2	Deben ser resistentes a la humedad, calor y retardador de flama y baja emisión de humos tóxicos. Con temperatura máxima de operación en el conductor de 90 °C, con aislamiento THHW-LS, para 600 VCA, con conductor de cobre suave. Para media tensión, se usará cable de energía monopolar, con conductor de cobre, aislamiento XLP, con pantalla metálica sobre la base de cintas de cobre y con nivel de aislamiento para 133%.	Cuando los vapores o líquidos condensados puedan depositarse sobre el aislamiento de los conductores, o entren en contacto con él, dicho aislamiento debe ser del tipo aprobado para dichas condiciones, o estar protegido por una cubierta de plomo u otros dispositivos aprobados. Se deben cablear en tubo metálico del tipo pesado. NMX-J-534-ANCE-2001. Todas las cajas, accesorios y uniones deben tener conexiones roscadas para la unión del tubo conduit y deben ser a prueba de explosión Las uniones roscadas deben quedar a tope (100% de la cuerda). Donde sea necesario emplear conexiones flexibles, como en las terminales de motores, se debe usar accesorios flexibles aprobados para áreas Clase 1. La instalación de los conductores debe ser de tal manera que se eviten los esfuerzos de tensión mecánica en los accesorios terminales. La instalación visible de conductores aislados sobre aisladores, no debe usarse. Los conductores armados del tipo AC no deben usarse. Los cables móviles o viajeros, deben sujetarse firmemente en cajas a prueba de explosión, que tengan boquillas para la inserción de cables, forrados con hule o neopreno, para hacer un cierre hermético.

TABLA 3.3. APLICACION DE EQUIPO Y MATERIAL ELECTRICO EN AREAS PELIGROSAS				
Equipo y Materiales		Clasificación de área	Requisito de norma para selección	Requisito de norma para instalación
10	Equipo portátil y herramientas	Clase 1 División 1. Clase 1 División 2	Cuando se conecten a contactos localizados dentro de áreas peligrosas, la clavija y el cable deben estar de acuerdo con lo especificado para las extensiones eléctricas.	Los equipos eléctricos portátiles, como maquinas de soldar, calentadores y estufas eléctricas, deben suministrarse para que trabajen fuera de las áreas peligrosas; a menos que sean del tipo a prueba de explosión, o que los dispositivos o contactos capaces de producir arco eléctrico o altas temperaturas se encuentren encerrados en cajas de este tipo, o sumergido en aceite. Debido a que las caídas o golpes accidentales de las herramientas portátiles producen chispas, su uso debe restringirse dentro de áreas peligrosas, si se usan estas deben ser de material antichispa, como aluminio, bronce o latón.
11	Sistema de Tierras	Clase 1 División 1. Clase 1 División 2	Debe conectarse al sistema de tierras, las estructuras metálicas de edificios y de soporte, tanques de almacenamiento, torres de proceso, tuberías de proceso, equipo metálico de proceso, equipos y sistemas eléctricos.	Debe existir continuidad eléctrica en los sistemas de canalizaciones metálicas y sus accesorios. El conductor neutro que forma parte de un suministro de energía con cuatro hilos, debe conectarse al sistema de tierras común antes del equipo de desconexión.

EQUIPO A PRUEBA DE EXPLOSIÓN
ACCESORIOS Y ENVOLVENTES

SERIE "GUA" PARA CLASE I DIV. 1

EJB

GUA

ECGJ

LBH

SERIE OVALADA CLASE I DIV. 2

CHICO A

EYS

EYD

EZS

MYERS

Ejemplo del uso de material eléctrico utilizado para Áreas Peligrosas

Ejemplo del material eléctrico utilizado para Áreas Peligrosas

3.2. Diagramas unifilares, elementales y esquemáticos.

Introducción

En este capítulo explico los tipos de diagramas que conforman la arquitectura de los sistemas eléctricos desarrollados por la disciplina, los cuales básicamente son: diagramas unifilares, que nos sirven para visualizar la información más relevante relacionada la alimentación eléctrica como puede ser la totalidad de cargas conectadas a un centro de carga, la energía con que se cuenta de reserva, el tipo de esquema de alimentación utilizado, el tipo de cargas (principales o intermitentes), esquemas de protección, medición y alarmas, la distribución por niveles de tensión, la capacidad de las barras en tableros en caso de presentarse falla, los medios de interrupción; además la manera de cómo son alambrados los equipos que tienen algún tipo de control y la forma de llevar a cabo éste control esto mediante los diagramas esquemáticos y de interconexión.

3.2.1. Diagramas unifilares

3.2.1.1. Definición

El diagrama unifilar es la representación de los elementos de un sistema eléctrico, mediante una sola línea, utilizando simbología ANSI.

3.2.1.2. ETAP

La elaboración de los diagramas unifilares, implica la elaboración de estudios mediante el programa ETAP, que es un software auxiliar para realización de estudios eléctricos, como son:

- Estudio de coordinación de protecciones
- Estudio de cortocircuito monofásico, bifásico y trifásico
- Estudio de análisis de carga (flujos de carga)
- Estudio de factor de potencia

- Estudio de estabilidad del sistema

- Estudio de simulación de arranque del motor mayor

- Sistemas de redes de tierras

- Jalado de cables

- Estabilidad y armónicas en los sistemas eléctricos

3.2.1.3. Elementos que componen un diagrama unifilar

Los diagramas unifilares muestran la forma simplificada en que se encuentran conectados los elementos, equipos y dispositivos de la instalación eléctrica en un bus o tablero y deben incluir como mínimo la siguiente información:

a) Acometida: indica el nivel de tensión, número de fases, número de hilos, frecuencia del sistema, aportación de corto circuito del sistema y fuente suministradora de energía.

b) Equipos e instrumentos de medición: transformadores de corriente (TC's), transformadores de potencial (TP's), fusibles de protección para estos transformadores, conmutadores para equipos de medición, equipos de medición de Watts, Amperes, Volts, Hertz, indicando sus escalas, rangos precisión y transductores en caso de ser requeridos.

c) Tipo de Interruptores: capacidad en Amperes de marco y de disparo, número de polos, así como su capacidad interruptiva, interruptores de potencia y electromagnéticos.

d) Buses: nivel de voltaje, número de fases, número de hilos, frecuencia del sistema y capacidad de corriente nominal y de cortocircuito.

e) Transformadores de potencia: identificación, capacidad, voltaje, conexión tanto en el lado primario como en el secundario, impedancia, tipo de enfriamiento y tipo de aterrizamiento de su hilo neutro.

f) Dispositivos de protección: acuerdo a la clasificación ANSI.

g) Alimentadores: indicando su número de circuito y descripción breve del equipo al que alimentan.

h) Tableros y CCM's: Indicando su identificación, capacidad de barras, tensión de operación, número de fases e hilos y frecuencia, se delimita con una línea punteada todos los dispositivos y elementos que pertenecen a un mismo tablero.

i) Contactores: tamaño NEMA y para el caso de los contactores de media tensión, su capacidad en Amperes nominales.

j) Cargas Eléctricas: motores, tableros de alumbrado, resistencias, cargadores de batería y bancos de capacitores, identificados con el TAG y la descripción que aparece en la lista de equipo. Diferenciando las cargas que se encuentran en operación continua, intermitente y en reserva o espera.

k) Generadores y/o plantas de emergencia: identificación, capacidad, tensión de operación, número fases e hilos, tipo de conexión, frecuencia, factor de potencia, reactancia y tipo de conexión del neutro a tierra.

l) Notas y simbología: notas y la simbología que se consideren necesaria a fin de permitir una correcta interpretación del diagrama.

m) Referencias**.** Se incluyen los planos y documentos que sirvieron de base para elaborar dicho diagrama, así como aquellos que sean complementarios.

En el Anexo C, se muestra el Diagrama Unifilar correspondiente a las Plantas Criogénicas 3 y 4, éste se dividió en las subestaciones que lo componen para mejor visualización del mismo.

3.2.2. Diagramas elementales

3.2.2.1. Definición

El diagrama elemental es un grupo de elementos que representan simbólicamente el funcionamiento eléctrico basado en una filosofía de operación de un motor que interviene en un proceso en una planta industrial.

La elaboración de los diagramas elementales de control, se realizan para todos los motores que requieran de un control manual y/o automático.

3.2.2.2. Procedimiento de elaboración

Para elaborar un diagrama elemental, se lleva a cabo el siguiente procedimiento:

1) Se debe obtener simbología para diagramas elementales eléctricos, establecidos en las especificaciones de dibujo.

2) Se requiere la lista de todos los motores con la información básica requerida, la cual es:

a) Narrativa o filosofía de operación del equipo.
b) DTI al que pertenece (plano de diagrama de proceso).
c) No. Equipo y TAG o identificación.
d) Descripción breve del servicio.
e) Tensión de operación
f) HP's o KW's nominales del motor.

3) Identificar los motores que serán controlados por el Sistema de Distribución y Control (DCS) y verificar con el fabricante del DCS que, el o los contactos que se inserten en la cadena de control soporten la corriente de operación continua de la bobina, al valor de la tensión del control (comúnmente 120 VCA).

4) Cuando el valor de corriente de operación del contacto sea mayor al de la bobina (como sucede con un tamaño NEMA 4 o 5), se podrán colocar relevadores de interposición (o auxiliares), éstos pueden ubicarse tanto en el DCS o en el Centro de Control de Motores (CCM).

5) Si se trata del control de interruptores en baja, media o alta tensión, se deberá usar la copia "MASTER" de los diagramas unifilares y en función de las protecciones o relevadores asociados a cada interruptor se deberá elaborar su diagrama elemental.

6) Se considera que todos los dispositivos localizados fuera del tablero de control o CCM, deberán alambrarse a través de tablillas terminales

7) Incluir en cada hoja las notas y planos de referencia que apliquen al circuito que se muestra.

8) Editar los diagramas para conocimiento de otras disciplinas de las que se requiera aprobación

9) El mínimo de información que deberá incluir los diagramas elementales, será el siguiente:

a) La alimentación al transformador de control con capacidad adecuada en VA y su relación de transformación.

b) La estación de botones junto al motor y/o remota.

c) Señalización con luces piloto verde (indicando paro) y roja (indicando operación) junto al motor(es) y/o en el centro del control de motores o tablero de instrumentos.

d) Contactos de relevadores interposición (auxiliares) normalmente abiertos o cerrados, locales o de larga distancia.

e) Bobina(s) del o los arrancadores.

f) Selector de tres posiciones Manual – Fuera – Automático.

g) Entradas y salidas del DCS o PLC.

h) Numeración de cada uno de los puntos de conexión locales y/o de campo.

3.2.3. Diagramas de interconexión

3.2.3.1. Definición

El diagrama de interconexión es un conjunto de elementos que representan la interconexión eléctrica entre el equipo a controlar, su correspondiente controlador eléctrico, el sistema de control central de la planta y la estación de botones o dispositivo de control eléctrico localizados en campo.

Cuando sea posible, se podrán incluir en un mismo plano tanto el diagrama de interconexión, como el diagrama elemental.

3.2.3.2. Información contenida en el plano de diagramas de interconexión

La información mínima que deberá ser incluida en los diagramas de interconexión, será la siguiente:

a) Identificación de equipos, controladores eléctricos y dispositivos locales. Se podrá incluir, una tabulación que muestre la numeración, nomenclatura y descripción de los equipos y dispositivos, la localización de los mismos, así como el código de colores de los conductores de cables multiconductores de control.

b) Identificación de tablillas terminales.

c) Número de circuitos.

d) Identificación de cada uno de los hilos.

e) Características de cable especial, como aterrizaje de cables blindados.

f) Notas generales.

g) Planos de referencia.

Se incluye en el Anexo D, el plano referente a Diagramas Elementales y de Interconexión.

3.3. Sistemas de Fuerza y Control

Introducción

En este punto, me enfoco a describir cómo fue realizado mi trabajo durante el desarrollo del proyecto Criogénicas 3 y 4, dando un repaso de la metodología que se debe seguir para el diseño, conceptos y reglas necesarias de construcción, además de la normatividad empleada en los sistemas de distribución subterránea de fuerza.

3.3.1. Definición de canalización eléctrica

A manera de resumen, daré los conceptos con los cuales debí estar plenamente familiarizada para la realización de mi trabajo, ya que sin ellos no se puede empezar correctamente a hacer un diseño eléctrico de fuerza y control.

La canalización eléctrica, se define como un canal cerrado o abierto de materiales metálicos o no metálicos, expresamente diseñados para contener conductores eléctricos.

El diseño en cada plano de distribución eléctrica a equipos que realicé, debió enfocarse en alcanzar los siguientes objetivos:

a) Entregar la energía eléctrica, de manera segura, a la totalidad de las cargas requeridas en el complejo.

b) Tener la flexibilidad necesaria para ampliarse y/o modernizarse con el mínimo de cambios a las instalaciones existentes.

c) Evitar el daño mecánico a los conductores que se alojaron.

d) Mantener una temperatura a adecuada para evitar sobrecalentamientos, que desencadenara daño o mal funcionamiento al sistema provocado por espacio reducido.

e) Evitar que se provocaran acumulaciones de sustancias nocivas o dañinas, por ejemplo agua de lluvia, que pudieran interferir con su buen desempeño.

f) Evitar producir interferencias a los sistemas de instrumentación y control.

g) Ser adecuados para el tipo de área en la que se encuentran, de acuerdo al estudio de Clasificación de Áreas.

La canalización eléctrica puede ser realizada de 2 maneras, mediante: canalización aérea y canalización subterránea. Yo realicé ambos tipos de canalización, pero trabajé más en la distribución subterránea.

3.3.1.1. Canalización aérea

Entiendo este tipo de canalización como un conjunto visible de elementos requeridos para alojar los conductores eléctricos, incluyendo, además de los conductores, los elementos en que aquellos se alojan y conectan (cajas de jalado, cajas unión, charolas, etc.).

La canalización eléctrica la utilicé manteniendo como medio de soporte para los conductores, charolas y tubería conduit.
La canalización aérea la utilicé solamente a la salida de los ductos subterráneos que están al pie del equipo a alimentar en su gran mayoría, para el caso de alumbrado, llegué a los respectivos tableros por canalización subterránea para después derivar de manera aérea a las luminarias. También en cuartos de charolas y en la línea aérea de distribución en 13.8 kV de CFE se utilizó canalización aérea.

Canalización aérea en charola

Canalización aérea en tubo conduit

3.3.1.2. Canalización subterránea

Es una canalización no visible que contiene uno o varios conductores aislados que forman parte de un circuito eléctrico colocados bajo el nivel del suelo, ya sea directamente enterrados, embebidos en concreto o en trincheras.

Este tipo de canalización cubre la mayor proporción de canalización utilizada en el proyecto Criogénicas 3 y 4. La utilicé para a la salida de las subestaciones y los trayectos de alimentadores hasta el pie del equipo.

Canalización mediante bancos de ductos y registros

3.3.1.3. Ventajas y desventajas de los 2 tipos de canalización eléctrica

En este punto realizo una comparativa sobre las ventajas de canalización subterránea sobre canalización aérea:

- Protege en mayor grado a los cables de los agentes de corrosión que se encuentran en el ambiente.

- Protege a los cables de descargas eléctricas y a factores ambientales, por ejemplo ramas de árbol que provoquen cortocircuito.

- En áreas clasificadas, los materiales utilizados para la canalización aérea elevan mucho el costo de la instalación, mientras que en ductos enterrados, se tienen restricciones para éstas áreas pero el costo no es tan elevado.

- Permite mayores áreas libres a la intemperie para mantenimiento y operación de la planta.

Por otra parte, estas son las ventajas que encontré de la canalización aérea sobre canalización subterránea:

- La selección de alimentadores es menos estricta debido a que los factores de temperatura son más favorables.

- La rapidez de diseño y construcción de la canalización subterránea debe ser alta, ya que el resto de la planta se debe construir sobre ella y no es posible retrasarse porque se atrasarían las otras obras asociadas.

- La canalización subterránea genera también el esfuerzo de jalado de cable a través de los ductos, pudiendo afectar en cierta medida el desempeño de su aislamiento o al propio conductor, situación que se minimiza en la canalización aérea.

3.3.2. Distribución de Fuerza y control en Reynosa 3 y 4

El cliente definió el tipo de canalización eléctrica a ser utilizada, la cuál se realizó de la siguiente manera: por medio de tuberías conduit agrupadas en bancos de ductos, que llegaran a registros eléctricos convenientemente ubicados para facilitar la introducción de conductores eléctricos en cambios de dirección, así como en tramos rectos de mayor longitud. A los registros eléctricos subterráneos les debía proveer de accesorios para soportar el cableado dentro de ellos.

Y se indicó como medio de suministro a los siguientes servicios eléctricos dentro de las instalaciones:

a) Los conductores eléctricos de los alimentadores de fuerza en media* y baja tensión.
b) Servicios de distribución de alumbrado.
c) Control, instrumentación, CCTV, intercomunicación y voceo, voz y datos.

* Nota: en este proyecto y para propósitos de diferenciación entre los niveles de tensión, ICA FLUOR considera baja tensión a los voltajes de 480 V o menores, mientras que media tensión se consideran voltajes de 4.16 kV y 13.8 kV .

3.3.3. Normatividad

Para hacer un diseño de canalización eléctrica subterránea, apliqué las Normas, Códigos, Estándares y Especificaciones, tanto del cliente, como de organismos nacionales e internacionales aprobados y además de ello comprendí a fondo los puntos relacionados con la labor a desarrollar. Además de la información generada en el estudio de la Clasificación de Áreas.

El artículo que apliqué principalmente a la distribución de Fuerza en baja tensión es el Art. 300 de la NOM-01-SEDE-1999, que se refiere a métodos de alambrado a tensiones de 600 V o menores, este fue el principal método con el que me vi involucrada durante mi participación en el proyecto.

Además tomé como criterio para media y baja tensión, las especificaciones y normas generadas por el cliente, como es la PGPB-BD-L-001-P34, en la cual se especifican materiales y métodos de diseño. Otras referencias son: National Electrical Code y el IEEE Std. 141-1993 y IEEE Std. 399-1997.

3.3.4. Partes que integran la canalización subterránea

Ésta se integra por los siguientes elementos:

a) Canalizaciones en concreto armado.

b) Registros en canalización subterránea.

c) Tubería conduit en ductos subterráneos.

d) Conductores en instalaciones eléctricas subterráneas.

e) Remate a equipo.

f) Charolas en registros eléctricos.

A continuación menciono algunos de los principales criterios de diseño que seguí para la canalización subterránea:

3.3.4.1. Canalizaciones en concreto armado

Comúnmente conocidos como Ductos Subterráneos, a estos elementos, los puedo definir como el medio físico donde se protegen y se agrupan los tubos conduit que a su vez alojan los circuitos eléctricos.

Parte del terreno bajo el que se construirá el sistema de ductos

Acondicionamiento del terreno para el sistema de ductos

Etapa de construcción de ductos

3.3.4.1.1. Especificaciones de construcción

Durante la etapa de diseño eléctrico, estos son los puntos que debí considerar en lo que se refiere a la trayectoria de los ductos:

• Los bancos de ductos subterráneos se construyen de concreto armado de 150 Kg/cm^2, cubiertos por una capa de asfalto y polietileno en todas las caras para protección contra el agua, colados con colorante rojo, según especificación del departamento Civil.

• Los bancos de ductos, no sobrepasan los 36 tubos conduit, con una reserva del 30%, estos tubos de reserva utilizan el mayor diámetro del conduit indicado de los tubos conduit con carga.

• La profundidad del banco de ductos la diseñé con un mínimo de 50 cm, medidos desde la parte superior del banco de ductos al nivel de piso terminado, en cruce de calles esta medida crece a 80 cm.

• En cruces con otro tipo de instalaciones, la distancia mínima de separación la diseñé de 20 cm, si ocurría una interferencia ésta se libraba en la junta de Revisión de Modelo (simulación de la planta modelada en 3D, a través de software PDS) en la que los supervisores de las disciplinas tomaban acuerdos para evitarlas.

Los sistemas subterráneos que se consideraban para las interferencias y que se canalizaron en forma independiente y paralela a la distribución eléctrica, son servicios como telefonía, intercomunicación y voceo, red de automatización y control, señales de vídeo y control del circuito cerrado de televisión y protección de intrusos, señales de instrumentación de 4 a 20 mA ó 24 Vcd, control del sistema de botoneras, semáforos y alarmas, control de los sistemas de detección de hidrocarburos y fuego, así como otros sistemas de control. Ver Tabla 3.4.

SERVICIO	AT	MT	BT	CP	FO	DI	C	DP	DQ	DA	DN	DJ	DR	TP	DT	CI
AT	---	---	500	500	---	1500	100	200	200	200	200	200	200	200	1500	200
MT	---	---	500	500	---	1500	100	200	200	200	200	200	200	200	1500	200
BT	500	500	---	---	---	750	100	200	200	200	200	200	200	200	750	200
CP	500	500	---	---	---	750	100	200	200	200	200	200	200	200	750	200
FO	---	---	---	---	---	---	100	200	200	200	200	200	200	200	---	200
DI	1500	1500	750	750	---	---	100	200	200	200	200	200	200	200	---	200
C	100	100	100	100	100	100	---	100	100	100	100	100	100	100	100	100
DP	200	200	200	200	200	200	100	---	---	---	---	---	---	---	200	---
DQ	200	200	200	200	200	200	100	---	---	---	---	---	---	---	200	---
DA	200	200	200	200	200	200	100	---	---	---	---	---	---	---	200	---
DN	200	200	200	200	200	200	100	---	---	---	---	---	---	---	200	---
DJ	200	200	200	200	200	200	100	---	---	---	---	---	---	---	200	---
DR	200	200	200	200	200	200	100	---	---	---	---	---	---	---	200	---
TP	200	200	200	200	200	200	100	---	---	---	---	---	---	---	200	---
DT	1500	1500	750	750	---	---	100	200	200	200	200	200	200	200	---	200
CI	200	200	200	200	200	200	100	---	---	---	---	---	---	---	200	---

TABLA 3.4. Separación mínima entre ductos eléctricos y otros sistemas

a.- **CLAVES:**

AT	ALTA TENSION
MT	MEDIA TENSION
BT	BAJA TENSION
CP	CONTROL Y PROTECCION
FO	FIBRA OPTICA
DI	DUCTOS INSTRUMENTOS
C	CIMENTACIONES
DP	DRENAJE PLUVIAL
DQ	DRENAJE QUIMICO
DA	DRENAJE ACEITOSO
DN	DRENAJES AGUAS NEGRAS
DJ	DRENAJE JABONOSO
DR	DRENAJE RESIDUAL
TP	TUBERIAS DE PROCESO
DT	DUCTO TELEFONICO
CI	CONTRAINCENDIO

b.- Las distancias indicadas son a paredes exteriores de ductos e instalaciones y están expresadas en mm.

c.- Los bancos de tuberías eléctricas deben instalarse sobre las tuberías de proceso, servicios auxiliares y drenajes a distancia de 200 mm excepto cuando se trate de líneas calientes o que contengan vapor, en dicho caso, la distancia será de 300 mm.

• Las rutas de bancos de ductos se diseñaron en la trayectoria más corta y recta posible entre la fuente y la carga eléctrica, con los menores cambios posibles de nivel, sencilla, evitando registros innecesarios y considerando derechos de vía e interferencias.

• Los bancos de ductos subterráneos los diseñé con una pendiente mínima de 3:1000 hacia los registros para drenado de agua probablemente filtrada. También tuve en cuenta que en subestaciones o cuartos de control eléctrico siempre tienen pendiente hacia afuera de ellos.

• En los registros eléctricos subterráneos instalé soportes para que los conductores que en ellos se alojan, se ordenaran y fijaran, evitando su maltrato físico, ayudando a su identificación y su debida conexión a tierra.

Soportes tipo charola en registros e identificación de cables

• Las derivaciones de tubos conduit del banco de ductos las conecté directamente hacia los equipos eléctricos, considerando las plantillas de tuberías del equipo tales como tableros de distribución, centros de control de motores, transformadores, motores, etc., en estricto apego a las dimensiones y ubicación de boquillas, gargantas, entradas para tubos conduit y cajas de conexiones indicadas en los planos de fabricante. Para eso me auxilié de los planos de arreglo de Equipo y planos de proveedor del equipo.

3.3.4.2. Registros en canalización subterránea

Existen 2 tipos de registros eléctricos, los cuales menciono a continuación a la par con sus dimensiones, medidas en la parte interior (largo x ancho) y son:

REM: 0.6x0.6 m y 1.0x1.0 m

REH: 1.5x1.5 m y 2.0x2.0 m
(Variable según cantidad de tubos)

REM- Registro Eléctrico Mano, utilizados para la distribución de alumbrado.
REH- Registro Eléctrico Hombre, utilizados para la distribución de fuerza y control.

A las dimensiones antes mencionadas, se le adicionan 20 cm en la parte superior para sobresalir del nivel de piso, esto se considera protección a probables derrames de agua o de fluidos de proceso. Para evitar inundaciones, se considera una distancia mínima de 20 cm de la parte inferior del banco de ductos a la parte inferior del registro, la distancia mínima de la parte lateral del banco de ductos a las paredes del registro se estableció que fueran 50 cm.

Para determinar las dimensiones adecuadas de los registros, se cuida el radio de curvatura suficiente (coca) de acuerdo al calibre del conductor, para absorber desplazamientos y evitar tensiones.

A solicitud del cliente, en el plano de distribución de Fuerza y control, se incluyó la siguiente información:

- Clave del registro.
- Nivel de piso terminado de ubicación.
- Coordenadas de ubicación.
- Dimensiones internas de las caras del registro.
- Dimensiones de las ventanas en cada una de las caras del registro por las que entre un ducto.
- Nivel superior del banco de ducto en cada una de las ventanas del registro por las que entre un ducto.
- Dirección de la pendiente.

Etapa de construcción de un registro eléctrico hombre

3.3.4.2.2. Especificaciones de construcción

• Todos los registros eléctricos los diseñamos de sección cuadrada con caras orientadas a los puntos cardinales, el total de registros dependió de la trayectoria y longitud de los conductores que se instalaron.

Vista externa de registros eléctricos hombre terminados

• Los registros en trayectorias rectas largas, los localizamos a una distancia promedio entre ellos de 60 m y como máximo de 80 m, verificando que la tensión de jalado no rebasara el 80% de la máxima que soportan los conductores alojados. Adicionalmente, el cable se protegió diseñando un máximo del total de curvatura de 180° entre registro y registro, incluyendo curvas a 90°, deflexiones horizontales y verticales, así como el disparo hacia la parte visible. Cuando, por condiciones del terreno u otras especiales, se tuvieron dobleces de totales de 270° la distancia máxima permitida se estableció de 25 m.

• En registros eléctricos subterráneos de 2 m ó más de profundidad, incorporamos escaleras marinas de fierro redondo, esta escalera se localiza en un lugar donde no interfiera con el cableado.

• Los registros eléctricos subterráneos los localizamos fuera de las áreas clasificadas, sin embargo cuando no se pudo evitar un área clasificada y se requirió de registros para facilidad de cableado o derivaciones, utilizamos cajas de paso visibles, adecuadas para Clase I. División 1. A un máximo de 40 m de separación entre ellas.

3.3.4.3. Tubería conduit en ductos subterráneos

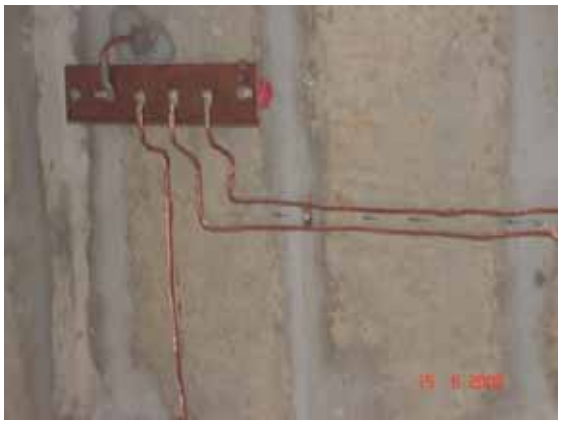
3.3.4.3.1. Especificaciones de diseño

• En trayectorias en áreas de proceso y/ó corrosivas la tubería que instalé fue de fierro galvanizado por inmersión en caliente del tipo pesado, mientras que para trayectorias fuera de áreas de proceso y corrosivas utilicé tubería de PVC tipo pesado.

Tramos de tubería conduit a ser instalada

• Para proporcionar una trayectoria segura a todas las corrientes inducidas, conecté a tierra todas las tuberías conduit metálicas en los registros eléctricos, a través de monitores, al igual que conecté a tierra las charolas y tubería conduit utilizadas como soporte.

Conexión de tubo conduit a sistemas de tierras en registro



Conexión de tubo conduit y placa de tierras en registros hombre

• Para dimensionar el ducto correspondiente a una trayectoria dada, el espaciamiento entre tuberías se indica en la Tabla 3.5., según las bases de diseño de PEMEX.

Conduit Diam. mm.	X (Centro a centro en mm)						Y
	27 (1")	41 (1½)	53 (2")	78 (3")	103 (4")	155 (6")	mm
27 (1")	100	100	100	120	120	160	100
41 (1½)	100	100	100	120	150	160	100
53 (2")	100	100	120	120	150	160	100
78 (3")	120	120	120	150	160	200	120
103 (4")	120	150	150	160	180	220	150
155 (6")	160	160	160	200	220	270	150

Tabla 3.5. Espaciamiento entre tuberías en conduit subterráneo en banco de ductos

X = distancia de centro a centro alrededor de los tubos conduit de diámetros mayores adyacentes en hileras ó columnas.
Y = distancia del centro del tubo conduit de diámetro mayor al paño exterior del ducto.

Arreglo de tubos conduit respetando las distancias permitidas por la norma

3.3.4.4. Conductores en instalaciones eléctricas subterráneas.

Carretes de cable de diferentes calibres y colores

3.3.4.4.1. Especificaciones de diseño

Mi labor incluyó el cálculo de los alimentadores a servicios en baja tensión como son: motores, sistemas de energía ininterrumplible, dispositivos de control, contactos trifásicos, resistencias calefactoras, alumbrado y contactos monofásicos, entre otros; debiendo verificarse que los cables seleccionados cumplieran satisfactoriamente los 3 métodos de selección fijados por el departamento.

Las cargas anteriormente citadas, se conectaron a nuestros tableros de distribución en las subestaciones; estas cargas están divididas según su nivel de tensión como sigue:

CARGA	NIVEL DE TENSIÓN
Trifásica y bifásica	480, 220 [Vca]
Monofásica	220, 127 [Vca]
Monofásica	127 [Vcd]

Tabla 3.6. Niveles de tensión para distribución de fuerza y control en baja tensión

De acuerdo a lo indicado en las tablas de corriente y factores aplicables en la sección 310-15 y la sección 110-14 de la norma NOM-001, el cable debe seleccionarse para las condiciones más críticas en las que trabajará el conductor.

Para la selección del cable se tomaron en cuenta factores del tipo:

Eléctrico:

- Voltaje
- Resistencia del aislamiento
- Corriente en condiciones de máxima carga.
- Agrupamiento de Conductores.
- Agrupamiento de tuberías.

Térmico:

- Temperatura máxima ambiente.
- Temperaturas de sobrecarga
- Exposición a humedad
- Expansión

Mecánico:

- Resistividad térmica del terreno.
- Requerimientos de flexibilidad del cable

Químico:

- Exposición a factores corrosivos.
- Elaborados de materiales no tóxicos
- Baja emisión de humos
- Característica de retardo de flama

Las pruebas de laboratorio usadas para simular las condiciones de servicio mencionadas son las siguientes:

- Pruebas de ruptura en tensión de corriente alterna y de impulso.
- Pruebas de envejecimiento bajo ciclos térmicos.
- Pruebas eléctricas de larga duración en agua.

A continuación mencionaré aspectos importantes en los que se basó la selección de cables a ser instalados. Con una descripción breve de los materiales conductores, tipo de aislamiento solicitado por el cliente haciendo énfasis en sus propiedades y las características eléctricas más sobresalientes.

3.3.4.4.2. Material Conductor

De los materiales comúnmente utilizados como conductores se tiene el cobre y el aluminio, el primero debido a sus buenas propiedades mecánicas y eléctricas, el segundo a su buena relación conductividad/peso dentro de la familia de los metales. Sin embargo, se necesita una mayor área transversal de aluminio para transportar la misma corriente que la transportada por el cobre en una sección transversal más pequeña. La densidad del aluminio es 2.70 g/cm^3 contra 8.89 g/cm^3 del cobre. En la Tabla 3.7. se muestran diferencias eléctricas importantes entre ambos materiales.

Características	Cobre	Aluminio
Para igual volumen:		
relación de pesos	1.0	0.3
Para igual conductancia:		
relación de áreas	1.0	1.64
relación de diámetros	1.0	1.27
relación de pesos	1.0	0.49
Para igual ampacidad:		
relación de áreas	1.0	1.39
relación de diámetros	1.0	1.18
relación de pesos	1.0	0.42
Para igual diámetro:		
relación de resistencias	1.0	1.61
capacidad de corriente	1.0	0.78

Tabla 3.7. Comparación de características entre cobre y aluminio utilizados en la canalización eléctrica.

El material seleccionado para la distribución de la energía eléctrica en este proyecto es el cobre suave (o recocido), que posee mayor conductividad respecto a los tipos de cobre semiduro y duro. Ver Tabla 3.8:

Temple	Conductividad % IACS*	Esfuerzo de tensión a la ruptura kgf/mm^2
Cobre suave	100	25
Cobre semiduro	96.66	35.4 – 40.3
Cobre duro	96.16	45.6

Tabla 3.8. Comparativa de características entre cobre los distintos temples de cobre

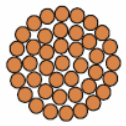
3.3.4.4.3. Aislamiento

El objetivo del aislamiento en los cables de distribución de energía eléctrica, es el de confinar la corriente eléctrica en el conductor y contener el campo eléctrico dentro de su masa.

Por diseño, las propiedades de los aislamientos en este proyecto, fueron ser seleccionadas para sobrepasar los parámetros calculados en su aplicación ya que los efectos propios de la operación, el medio ambiente, el envejecimiento, entre otros muchos factores, pueden degradarlo hasta el punto de causar falla.

3.3.4.4.4. Cables utilizados en Reynosa 3 y 4

CARACTERISTICA	DESCRIPCIÓN
Tipo:	Cable monofásico para calibres de33.62 mm² (2 AWG) y menores o cable multiconductor para calibres de 53.48 mm² (1/0 AWG).
Material:	Cobre suave, cableado concéntrico de sección circular.



Concéntrico

Aislamiento	Termoplástico de policloruro de vinilo (PVC)

Tensión máxima de operación	600 V
Temperaturas de operación:	
En ambiente mojado.	75°C
En ambiente seco.	90°C
En emergencia	105°C.
En corto circuito.	150°C
Designación: LS	Baja emisión de humos, resistencia a la propagación de la flama.
Sobrecapa de nylon.	Proporciona una gran resistencia a la abrasión, al aceite y a los agentes químicos.

El calibre mínimo asignado a los diferentes servicios que requirieron abasto de energía eléctrica fue el siguiente:

SERVICIO	CALIBRE MINIMO
Fuerza (V ≤ 600 V)	10 AWG
Control	12 AWG
Alumbrado	12 AWG
Contactos	10 AWG
Media tensión	1/0 AWG

Tabla 3.9. Calibres mínimos a utilizar para el diseño eléctrico

3.3.4.4.5. Métodos de selección

A continuación mencionaré los métodos utilizados para la selección de los alimentadores, basados en los siguientes códigos y normas nacionales e internacionales:

NOM-001-1999	Instalaciones Eléctricas, Artículo 300
Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)	Std. 141-1993 y Std. 399-1997
National Electrical Code NEC	Tablas 4A-6 Y 4A-7
PGPB-BD-L-001-P34	Bases de diseño PEMEX

3.3.5.4.4.1 Definición de los métodos utilizados

a) Cálculo por capacidad de conducción:

La capacidad de conducción de corriente de un conductor se verá afectada de acuerdo a la temperatura ambiente en que trabaje.

a) Caída de tensión:

La circulación de corriente a través de los conductores ocasiona una pérdida de la potencia transportada por el cable y una caída o diferencia de tensiones entre el origen y el extremo de la canalización. Esta caída debe ser inferior a los límites permisibles por la NOM, se permite una combinación del alimentador con caída del 3% y del circuito derivado con 2% para obtener una caída de tensión menor o igual al 5%.

b) Incremento de temperatura:

La temperatura del conductor trabajando a plena carga y en régimen permanente, no deberá superar en ningún momento la temperatura máxima admisible asignada a los materiales que se utilizan en el aislamiento del cable. Esta temperatura está estipulada en las bases de diseño del cliente y es de 90°C para el tipo de aislamiento utilizado.

3.3.4.4.5.1 Descripción de los métodos utilizados

b) Cálculo por capacidad de conducción.

La capacidad de conducción de corriente del cable se corrigió para temperatura ambiente diferente de 26-30°C, aplicando los factores de corrección indicadas en la tabla 310-16 de la NOM-001 . En el caso de cables en ductos enterrados, la temperatura ambiente que se considera es la temperatura ambiente del suelo que rodea al ducto, que en este caso es de 24 °C. El segundo factor aplicable es el factor de agrupamiento de los conductores.

$$I_C = I_{COND} \times F_T \times F_A$$

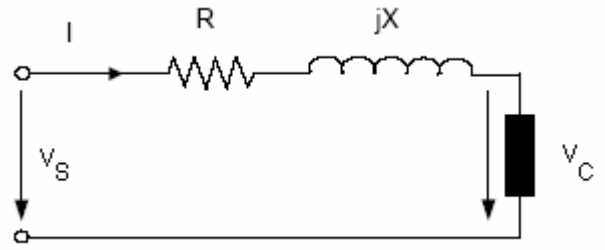
I_C = Corriente corregida

I_{COND} = Corriente según tabla 310.16 de la NOM.

F_T= Factor de corrección por temperatura, aplicando factores de la misma tabla.
F_A =Factor de corrección por agrupamiento, F_A= 1 si van 3 conductores por tubo conduit.

b) Caída de tensión.

El cálculo por caída de tensión para sistema de cable, basa en el siguiente modelo de línea corta (menos de 50 km):



Modelo de línea corta

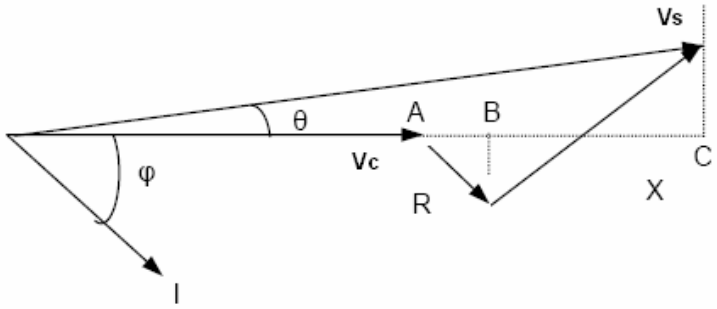


Diagrama fasorial del modelo de línea corta

Debido al pequeño valor que posee el ángulo Θ, entre las tensiones del origen y del extremo de la línea, se puede asumir, sin cometer prácticamente error que el vector Vs es igual a su proyección horizontal, siendo el valor de la caída de tensión:

$$V_d = V_S - V_C = AB+BC$$

$$V_d = I_{pc} (R \cos \varphi + X \operatorname{sen} \varphi) L$$

Donde:

$$I_{pc} = \frac{HP \times 746}{\sqrt{3} \times V_{ff} \times fp \times \eta}$$, para sistemas trifásicos

$$I_{pc} = \frac{HP \times 746}{V_{fn} \times fp \times \eta}$$, para sistemas monofásicos

V_{ff} = Voltaje entre fases

V_{fn} = Voltaje fase-neutro

HP= Potencia del equipo

fp= Factor de potencia del equipo

η = Eficiencia del equipo

V_d = Caída de tensión en el alimentador [voltaje de línea-a-neutro, RMS]

V_S = Voltaje de suministro

V_C = Voltaje en las terminales de la carga

I = Máxima corriente de carga continua.

cos φ = Angulo cuyo coseno es el factor de potencia de la carga, bajo condiciones de operación a plena carga.

R = Resistencia por fase del cable en c.a. en [Ω/km], a la máxima temperatura de operación.

X = Reactancia por fase del cable en [Ω/km].

L = Longitud total del circuito (km)

Los valores de R y X se obtuvieron a partir de las tabla 4A-7 del Std. 141 del IEEE.

Corrigiéndose R mediante la ecuación:

$$R_2 = R_1 [1+ \alpha (T_2-T_1)]$$

Donde:

R_1 = Resistencia del conductor a 75° C.

R_2 = Resistencia del conductor a 90° C.

α = Coeficiente de correciómn por temperatura, 0.00323 para el Cu.

T_1 Temperatura de operación del conductor a 75° C.

T_2= Temperatura de operación del conductor a 90° C.

El valor en porciento de la caída de tensión, se obtuvo a partir de la siguiente expresión:

$$V_d\ \% = \left[\frac{V_d}{\left[\frac{E}{N} \right]} \right] \times 100$$

Donde:

Vd % = Caída de tensión en porciento.

E = Tensión del sistema.

N = 1.732 Sistemas trifásicos, *N* = 1 Sistemas monofásicos

Para sistemas monofásicos de C.D., la caída de tensión será:

$$V_d = 2\ (I_n \times L \times R)$$

Donde:

I_n = Corriente nominal en Amperes

R = Resistencia a la CD en [Ω/km], del NEC.

L= Longitud total del circuito

c) Decremento por temperatura.

Los factores de decremento por temperatura de la ampacidad del conductor afectan el trayecto más crítico la canalización: el ducto subterráneo, ya que el efecto de incremento de la temperatura es en él, el más severo. Este procedimiento está basado en el IEEE Std. 399-1997.

Los factores más importantes para decrementar las ampacidades originales del cable están dados por un factor total de decremento.

$$F_{total} = F_t \times F_{RHO} \times F_g$$

Donde:

F_{total} = Factor total de decremento

F_t = Factor de decremento por temperatura del medio ambiente donde se instalará el cable.
Tablas 13-1 a 13-4 del IEEE Std. 399-1997.

F_{RHO} = Factor de decremento por consideración de la resistividad térmica del terreno
Tablas 13-5 a 13-7 del IEEE Std. 399-1997. La resistividad térmica del terreno se consideró 90°C-cm/W, según IEEE Std. 399-1997, valor para suelos promedio.

F_g = Factor de decremento por agrupamiento en ductos
Tablas 13-8, 13.10 y 13-11 del IEEE Std. 399-1997.

3.3.4.4.6. Cédulas de cable:

La información referida a los calibres de los circuitos, obtenida en el paso anterior, se condensa en un documento denominado Cédula de cable, este documento contiene la información más relevante de un circuito, por ejemplo:

- Nombre del circuito alimentador.
- Breve descripción de su servicio.

- Origen y destino del cable alimentador.
- Número de fases.
- Nivel de tensión.
- Distancia entre la carga y su centro de carga
- Tubo conduit que lo contiene.
- Trayectoria que sigue.
- Carrete del cable que le corresponde.

Parte de mi trabajo en este proyecto, fue la generación de estos documentos y su importancia radica en que nos ayuda a tener una visualización de la totalidad de las cargas involucradas en las áreas en las que se divide la planta, sin omisión de alguna de ellas, además de esto, con este documento se generan las órdenes de compra del cable y a construcción se le da una amplia idea de por dónde canalizar y que no surjan confusiones ya que cada circuito es provisto de su inicio y fin. En Anexo E se muestra el formato de una Cédula de cable.

3.3.4.4.7. Consideraciones en sitio

Los conductores eléctricos, debieron ser instalados sin empalmes desde el tablero de distribución al equipo. Cuando esto no es posible debido a la longitud de un circuito, los empalmes de conductores quedaron localizados en los registros eléctricos hombre.
Estos empalmes y terminales, fueron del tipo termocontráctil ó contráctil en frío, tomando en cuenta voltaje, calibre, nivel de aislamiento, tipo de conductor, uso interior o exterior y para el ambiente más agresivo húmedo y contaminado en el que pueda operar.

Otro criterio importante en la construcción es que se identificaron los cables de media y baja tensión en cada registro, en la salida de los tableros y en la llegada a la carga eléctrica a la que abastecen, indicando el número de circuito y servicio y sujetando etiquetas de aluminio con cinturones plásticos.

La clasificación por colores de los cables monopolares para baja tensión fue como sigue:

COLOR	DESCRIPCIÓN
Negro	Fases
Rojo	
Azul	
Blanco	Neutro
Verde o desnudo	Puesta a Tierra eléctrica
Verde con traza amarilla	Puesta a Tierra electrónica

Tabla 3.10. Identificación de colores para conductores

Se proveyó soporte y acomodo a los conductores a la llegada a los tableros para evitar transmitir tensiones mecánicas a los interruptores, barras ó boquillas a los que fueron conectados.

Las zapatas y conectores para distribución eléctrica y para llegada a tableros fueron de compresión, del tipo barril largo.

3.3.4.4.8. Remate a equipo

Especificaciones de diseño

A continuación describo algunos puntos importantes de cómo se diseñó la acometida al equipo:

Protección de los cables a la salida hacia charola

Cuando a partir de la derivación de la canalización en ducto, se llegó al pie del equipo a alimentar, las tuberías que emergen sobre el nivel del piso se protegieron con una envolvente de concreto y el armado del ducto, hasta una altura de 150 mm, sobre el nivel de piso terminado.

Para canalización de alumbrado, se permitió que se alojaran hasta tres circuitos por cada tubería conduit. Como área de Sistemas de Fuerza, nuestro alcance es proporcionar la trayectoria subterránea, quedando fuera del mismo el alambrado aéreo, a tablero o directamente a las luminarias y/o contactos.

Para la canalización a motores, se empieza utilizando la Tabla 3.11, donde se muestra la designación del número de fases para un motor según la potencia del mismo:

Potencia del motor [HP]	Tensión diseño motor[V]	Tensión de Suministro [V]	Frecuencia [Hz]	Fases
Menor de 1.0	127/220	127 / 220	60	1
De 1.0 hasta 200	460	480	60	3
Mayores de 200	13200	13800	60	3

Tabla 3.11. Nivel tensión de alimentación a motor según su capacidad

Es importante saber qué tipo de instrumentos va a requerir un motor, es decir, según su filosofía de operación puede requerir estación de botones al pie del equipo así mismo Detector de Temperatura por Resistencia (RTD), o según su potencia necesitar resistencias calefactoras. Estas resistencias entran en operación cuando el motor está fuera de funcionamiento y son instaladas a motores de más de 75 HP. Los arreglos para canalización a motores son los siguientes:

M O T O R E S	CONDUIT No. 1	CONDUIT No. 2	CONDUIT No. 3 (INSTRUMENTACION)
Media tensión con RTD's	Circuito de cables de fuerza (3 cables)	Cables para estación local de control y calentadores de espacio: 2 multiconductores	Cables para RTD's: 1 multiconductor
Baja tensión con calentadores de espacio. **Cable Cal. 1/0 AWG y mayor.** **(Cable calibre 2 AWG)**	Circuito de cables de fuerza 3 cables monopolares. 1 multiconductor	Cables para estación local de control y calentadores de espacio: 2 multiconductores	
Baja tensión. **Cable calibre 1/0 AWG y mayor.** **(Cable calibre 2 AWG)**	Circuito de cables de fuerza 3 cables monopolares. 1 multiconductor	Cables para estación local de control: 1 multiconductor	
Baja tensión. Cable calibre 2AWG y menor.	Circuito de cable de fuerza y estación local de control: 2 multiconductores.		

Tabla 3.12. Métodos de alambrado a motores

Nota: Los RTD se conectaron al relevador de protección por temperatura instalado en el CCM.

En equipos sujetos a vibración, donde los cables son conectados al equipo, los protegimos con tubería conduit rígida y cople flexible. Además en el diseño, la tubería conduit y accesorios fueron firmemente asegurados y protegidos, le instalamos medios adecuados, como drenes, para evitar la concentración de líquidos en la parte baja de la tubería.

Conexión a motores con tubería rígida, cople flexible y acometida a botonera

3.3.4.4.9. Ejemplo del cálculo del alimentador a motor, para el circuito F-3MGB0301A-A del motor cuyo TAG es MGB-0301A.

Datos generales	
Temperatura ambiente máxima	45.0 °C
Temperatura del suelo	24.0 °C
Resistividad térmica del terreno (RHO)	90.0 °C-cm/W
Tipo de conductor	Monopolar
Material del conductor	Cobre
Máxima temperatura de operación del conductor	90 °C
Máxima temperatura admisible en el aislamiento bajo condiciones de corto circuito	250 °C
Nivel y tipo de aislamiento del conductor	600 V y THHW-LS
Sistema de canalización.	Ducto subterráneo
Arreglo de conductores	3 conductores por tubo

Datos del motor		
Tensión entre fases (V_{ff}):	480	V
Fases:	3	ø
Hilos:	3	H
Frecuencia:	60	Hz
Potencia:	200	HP
Factor de potencia (fp):	0.9	
Eficiencia del motor (ŋ):	1	
Temperatura de operación	45	° C

a) Cálculo por Ampacidad

Según el Art. 430-22 (NEC y NOM-001-SEDE-1999), los conductores que alimenten a un solo motor, deberán tener capacidad no menor al 125 % de la corriente nominal a plena carga (I_{PC}). La Ipc la obtenemos del NEC Art. 430-150, para motores trifásicos según su potencia

$$I_{pc} = 240 \quad A$$

$$I_{req} = I_{pc} \times 125 \quad \%$$

$$I_{req} = 240 \quad A \times 1.25 = 300 \quad A$$

Con este dato y según la tabla 310-16 del NEC y de la NOM-001-SEDE-1999, “Capacidad de conducción de corriente”, obtenemos una primera aproximación el calibre que puede soportar esta corriente, resultando un conductor de 500 kCM por fase, ya que éste soporta 380 A.

Para este cálculo, debemos corregir la ampacidad del conductor seleccionado en el paso anterior, según los siguientes factores:

Factor de Corrección por Temperatura:

Rango de temperatura de operación: 41°C - 45°C F_{temp} = 0.82 Tabla 310-16

Factor de Corrección por Agrupamiento:

Cables con corriente en un tubo conduit: 3 cables activos F_{agr} = 1.0

Entonces se tiene:

$$I_{corr} = I_{req} \times F_{temp} \times F_{agr}$$

Sustituyendo valores:

$$I_{corr} = 380\ A \times 0.82 \times 1 = 311.6\ A$$

$$311.6\ A < 300\ A$$

De este resultado podemos observar que la corriente corregida del conductor es mayor que la corriente requerida (I_{req}), por lo tanto el calibre seleccionado es correcto.

Un conductor de 500 kCM por fase, calculado por capacidad de conducción.

b) Cálculo por Caída de Tensión:

Datos adicionales del conductor de 500 KCM		
Longitud:	0.42	km
Caída permisible de tensión:	3.0	%
R del conductor:	0.0965	Ω /km
X del conductor:	0.1529	Ω /km
Ipc:	240	A

Corregimos el valor de resistencia para una temperatura de operación del conductor de 90°C:

$$R_2 = R_1 [1+ \alpha (T_2-T_1)]$$

Sustituyendo valores:

$$R_{90°C}=0.0965 [1 + 0.00323 (90-75)]= 0.1012\ \Omega/km$$

La caída de tensión a través del circuito es:

$$V_d = Ipc \left(R \cos \varphi + X \operatorname{sen} \varphi\right) L$$

Sustituyendo valores:

$$V_d = 240 \left(0.1012 \times 0.9 + 0.1611 \times 0.4146\right) \times 0.42$$

$$V_d = 16.02\ V_{fn}$$

La caída de tensión calcula como:

$$V_d\ \% = \left[\frac{V_d}{\left[\frac{E}{N} \right]} \right] \times 100$$

Sustituyendo valores:

$$V_d\ \% = \left[\frac{16.02}{\left[\frac{480}{1.732} \right]} \right] \times 100 = 5.78\ \%$$

Con el resultado anterior, podemos ver que la caída de tensión obtenida rebasa el 3 % (máximo permitido), por lo que se procede a calcular la caída de tensión con un calibre mas grande.

Para un mismo calibre de 500 kCM pero ahora con 2 conductores por fase:

R del cond.= 0.0965 Ω/Km
X del Cond.= 0.1529 Ω/Km

De la corrección de la resistencia por temperatura del conductor se tiene:

$R_{90°c}$= 0.1012 Ω//Km

Nuevamente de la expresión:

$$V_d = Ipc\ (R \cos\varphi + X\ \text{sen}\ \varphi)L$$

Sustituyendo valores, dividiendo ahora la corriente I_{pc} entre los 2 conductores que irán por fase:

$$I_{pc} = \frac{240\ A}{2}$$

$$V_d = 120\ (0.1012 \times 0.9 + 0.1611 \times 0.4146\ ) \times 0.42$$

$$V_d = 8.01\ V_{fn}$$

Calculando en por ciento:

$$V_d\ \% = \left[\frac{V_d}{\left[\frac{E}{N} \right]} \right] \times 100$$

Sustituyendo valores tenemos:

$$V_d\ \% = \left[\frac{8.01}{\left[\frac{480}{1.732} \right]} \right] \times 100 = 2.89 \text{ porciento}$$

Obteniendo una caída de tensión abajo del 3 % permitido, por lo tanto el calibre seleccionado por caída de tensión es correcto.

2 conductores por fase calibre 500 kCM, por el método de caída de tensión.

c) Cálculo por temperatura en ducto subterráneo

Cálculo de factores de decremento:

c.1) F_t: Factor de Decremento por Temperatura Ambiente.

En nuestro caso, se consideran los cables en ductos enterrados, por tanto, la temperatura ambiente considera es la temperatura ambiente del suelo que rodea al ducto, que en este caso es de 24 °C. De la tabla B-310-7 del NEC, las Ampacidades están consideradas a las temperaturas de Tc=75°C y Ta=20°C, por lo tanto de la tabla 13-4 del IEEE Std 399-1997 capítulo 13, anexo 5.3, el factor es:

$$F_t = 0.96$$

c.2) F_{RHO}: Factor de Decremento por Resistividad térmica del terreno.

De la tabla B-310-7 del NEC, las Ampacidades están consideradas a una resistividad térmica del terreno de RHO=90°C-cm/W y la considerada es de 90°C-cm/W se observa en la tabla 13-5 del IEEE Std 399-1997 capítulo 13, anexo 5.3, que la RHO es de 90°C-cm/W y que el factor es de 1.0 para un banco de quince ductos con un circuito cada uno en un rango de cables de 250-1000 kCM por lo tanto el factor es:

c.3) $F_{RHO} = 1.0$

La Ampacidad máxima requerida es de 300 A, de la tabla B-310-7 del NEC y cables de 0 Hasta 2000 Volts y una RHO=90°C-cm/Watt, un cable calibre 350 kCM soporta 351 x 2 conductores = 702 A.

F_g = Factor de decremento por agrupamiento en ducto.

De la tabla 13.8 del IEEE Std. 399-1997 capítulo 13, anexo 5.3, con un arreglo de 3 hileras por columnas, considerando únicamente tubos con circuitos en operación.

$F_g = 0.479$

Aplicando los factores de decremento se obtienen las Ampacidades reducidas para los diferentes calibres, siendo el factor total de decremento igual a:

$F_{total} = F_t \times F_{RHO} \times F_g = 0.96 \times 1.00 \times 0.479 = 0.460$

Cálculo de la Ampacidad para las condiciones de instalación.

La Ampacidad base para un cable de 350 kCM de la tabla B-310-7 del NEC 2002 es de:

$I_b = 351 \times 2 = 702$ A.

La Ampacidad ajustada aplicando el factor total de corrección resulta igual a:

$I_{corr} = I_b \times F_{total} = 702 \times 0.460 = 322.92$ A que es mayor a 300 A

2 conductores de 350 kCM, por factores de ajuste en ducto subterráneo.

Método:	Resultado:
Ampacidad	1 conductor de 500 kCM por fase
Caída de tensión	2 conductores de 500 kCM por fase
Corrección por canalización en ducto subterráneo	2 conductores de 350 kCM por fase

Se concluye entonces que, con dos conductores monopolares calibre 500 kCM por fase se cumple con los tres criterios de selección de cables.

En el Anexo E, a manera de ejemplos, se muestra un plano de distribución de Fuerza y Control con su Plano de Cortes correspondiente.

3.4. Sistema de alumbrado

Introducción

El objetivo de un sistema de iluminación en los centros de trabajo es asegurar una adecuada visibilidad para la operación y mantenimiento eficiente de las plantas e instalaciones y no ser un factor de riesgo para la salud de los trabajadores al realizar sus actividades. Se debe tener un nivel de iluminación adecuado en el plano de trabajo para el tipo de actividad a desarrollar así como evitar deslumbramiento que ocasione fatiga visual.

La selección adecuada de las luminarias debe hacerse en función de las características del local, las necesidades de iluminación y de las restricciones impuestas por la clasificación de áreas, debiéndose tomar en cuenta como factor determinante las temperaturas de ignición de las sustancias y la temperatura máxima de la operación de las luminarias.

3.4.1. Normatividad

A continuación, se hace referencia a las normas oficiales mexicanas, que se aplicaron durante el diseño de los Sistemas de Alumbrado para las plantas Criogénicas 3 y 4.

NOM 001-SEDE -1999	Instalaciones Eléctricas (Utilización).
NOM-007-ENER-1995	Eficiencia energética para sistemas de alumbrado
NOM-013-ENER-1996	Norma oficial mexicana, eficiencia energética en sistemas de alumbrado para vialidades y exteriores de edificios.
NOM-025-STPS-1994	Relativa a los niveles y condiciones de iluminación que en los centros de trabajo.
PGPB-BD-L-001-P34	Bases de diseño PEMEX

3.4.2. Áreas que requieren diseño de alumbrado

> Áreas de proceso.
> Áreas de almacenamiento, manejo y distribución de producto.
> Subestaciones Eléctricas y Cuarto de Baterías.
> Cuarto de monitoreo y control.
> Central contraincendio
> Calles.
> Áreas comunes

3.4.3. Criterios básicos

Con la ayuda del software Luxicon para el cálculo de niveles de iluminación y para definir la cantidad, disposición y tipos de lámparas y luminarias, se aplicaron los siguientes métodos de cálculo:

a) Para el alumbrado en interiores se empleó el método cavidad zonal y de punto por punto.

b) Para el alumbrado en exteriores se empleó el método de cálculo de punto por punto.

Para cumplir con los requerimientos del cliente, a continuación se enuncian criterios de diseño para el alumbrado de la planta:

Después de acometer al local mediante el sistema de ductos, la parte encargada de sistemas de iluminación de Reynosa 3 y 4, se hace cargo de la distribución aérea a los respectivos tableros de alumbrado Normal y Emergencia (en caso de ser requerido), alimentados en un sistema de 3F, 4H, 220/127 Volts. Los contactos monofásicos instalados son polarizados, a 127 V y 15 A, localizados a una altura de 0.30 metros sobre el nivel de piso terminado.

Para propósitos de ahorro de energía, las luminarias, lámparas, balastros y accesorios poseen un alto rendimiento en lúmenes por Watt, alta eficiencia de la luminaria y alto factor de potencia. Considerándose, debido a la Clasificación de áreas, la potencia de las lámparas no mayores a 250 W Para no rebasar el 80% de la temperatura mínima de auto ignición de las sustancias presentes en el medio ambiente.

Los sistemas de de emergencia se diseñaron para áreas de proceso, subestaciones, cuartos de control y monitoreo, respaldado por un sistema de energía ininterrumplible a 220 Vca, operando luego de 5 segundos máximo de la falla del suministro y cumpliendo con el nivel de 20 luxes “nivel reducido” para zona de equipos básico y para andadores, escaleras y rutas de escape 11 luxes, por un mínimo de 30 min.

Las luces de obstrucción se utilizaron en los edificios más altos, con lámparas incandescentes de 100 W, 220V, alimentadas desde el sistema de normal–emergencia., desde la SE 15. Mientras que en la punta de las 2 torres de proceso, se instaló un faro rojo de destello de 220Vca de 700 W.

Para instrumentos y medidores de campo se requirió alumbrado suplementario con luminarias individuales, con el haz de luz dirigido de forma que se pueda observar la medición.

Para las subestaciones eléctricas se instaló un contactor con fotocelda para control del alumbrado exterior; para el alumbrado interior, se cuenta con un sistema de encendido automático activado por sensores de presencia. También se proveyó un sistema de alumbrado de emergencia para estas áreas.

En subestaciones, áreas administrativas, cuartos de control y monitoreo, pasillos y sanitarios, se instaló un sistema de iluminación fluorescente. En las subestaciones, pasillos y sanitarios la iluminación se controla por medio de sensores de presencia.

El código de colores para la identificación de los cables de alumbrado fue como se muestra en la Tabla 3.13:

Negro	**Fase “A”**
Rojo	**Fase “B”**
Azul	**Fase “C”**
Blanco	**Neutro**
Amarillo	**Retorno**
Verde	**Puesta a tierra (Eléctrica)**

Tabla 3.13. Código de colores para circuitos de alumbrado

El tipo y las características de alumbrado para las áreas de este proyecto se muestran en la Tabla 3.14:

Tabla 3.14. Tipo y Características de Alumbrado por Área				
Área a Iluminar	**Alumbrado Normal Tipo:**	**Alumbrado Normal-Emergencia Tipo:**	**Tablero de Alumbrado Localizado en:**	**Comentarios**
Subestaciones Eléctricas	Luminaria Fluorescente **(Descripción 1)**	Luminaria fluorescente tipo Slim Line, **(Descripción 2)**	Tablero local de alumbrado.	El control del alumbrado exterior será por medio de fotoceldas.
Cuartos de Baterías y UPS	Luminaria Fluorescente **(Descripción 1)**	Luminaria fluorescente **(Descripción 2)**	Tablero local de alumbrado	Luminarias para Clase I div 2, ambiente húmedo
Área de Almacenamiento	Vapor de sodio alta presión en 220V, con balastro integral de alto factor de potencia, y tener reflector, globo y guarda, 150 W.		SE 17	
Cuartos de Gabinetes de Control	Luminaria fluorescente , **(Descripción 1)**	Alumbrado interior luminaria fluorescente **(Descripción 2)**	SE 17 a un tablero local. Control por apagadores locales dentro del cuarto	Alumbrado exterior: Vapor de sodio de alta presión con balastra integral a 220 V.
Áreas de transporte, distribución y manejo de producto (Áreas de Operación y Mantenimiento).	Aditivos metálicos con balastra integral a 220 Volts, 175 W. Luminarias suspendidas o sobrepuestas en muro, con globo, guarda y reflector tipo domo.	Luminaria fluorescente **(Descripción 2)**	SE 12	
Descripción 1.- Luminaria de alumbrado interior, fluorescente 32 W, bulbo T-8, base G13, luz de día, 1.22 metros de longitud, balastro electrónico para arranque instantáneo, ahorradora de energía, termoprotegida, factor de potencia mayor que 0.9 THD menor al 10% factor de cresta menor que 1.7.				
Descripción 2. Luminaria tipo interior, fluorescentes tipo slim line, luz de día, con balastro electrónico integrado arranque instantáneo de operación en Emergencia, automáticamente cambia a "Modo de Emergencia". Los balastros de emergencia deben ser compatibles con las lámparas fluorescentes y balastros de corriente alterna, nivel de tensión será de 127 ó 220 V.				

Tabla 3.14. Tipo y Características de Alumbrado para las Áreas de este proyecto				
Área a Iluminar	**Alumbrado Normal Tipo:**	**Alumbrado Normal-Emergencia Tipo:**	**Tablero de Alumbrado Localizado en:**	**Comentarios**
Áreas de proceso	Vapor de sodio alta presión en 220V, con balastro integral de alto factor de potencia, y tener reflector, globo y guarda, 150 W.	Respaldo para 30 min	SE 15	
Alumbrado de Calles y Urbanización.	Vapor de alta presión, con balastra integral a 220 V, 250 W.	Altura de poste de montaje de 9 m Alimentación a través de ducto eléctrico subterráneo.	SE 17 y 12.	Tablero de distribución del tipo programable.

Lámparas fluorescentes para uso en subestaciones, cuartos de control y administrativos (Áreas no Clasificadas).

Lámparas de VSAP para uso en áreas de proceso (Áreas Clasificadas)

Lámparas de aditivos metálicos para uso en áreas de trasporte, distribución y manejo (Áreas Clasificadas)

3.5. Sistema de tierras y pararrayos.

Introducción

En el complejo Reynosa 3 Y 4 se instaló un Sistema de Tierras y Pararrayos confiable para la seguridad del personal y de las propias instalaciones. Este diseño fue detallado para no exceder las tensiones de paso y de contacto permisibles por el cuerpo humano.

A continuación, se abordará cada tema por separado y se describirán las características de cada uno. Para el diseño de estos sistemas se realizó un estudio de medición de la resistividad del terreno en cada una de las áreas involucradas en el proyecto.

3.5.1. Sistema de tierras

El Sistema de Tierras tiene la función de proporcionar un circuito de baja impedancia bajo la condición de cortocircuito, para liberar en el menor tiempo posible dicha falla por medio de dispositivos de protección (interruptores) y adicionalmente establecer un potencial uniforme alrededor de alguna estructura, equipo o gabinete; funciona al drenar a tierra y así limitar a valores inofensivos las sobretensiones transitorias de falla. Está formado por un conductor de puesta a tierra que forma una red y unido sólidamente a los electrodos de tierra.

3.5.1.1. Normatividad

El diseño, instalación, equipo y materiales, se elaboró de acuerdo a los requerimientos aplicables de las últimas ediciones de los siguientes códigos y estándares:

PGPB-BD-L-001-P34	Bases de diseño PEMEX
ESP-L-7500-P34	Especificación para Tierras y Pararrayos, PEMEX.
ANSI/IEEE Std.142-1991	Grounding of Industrial and Commercial Power Systems
IEEE Std. 80-2000	IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding
NOM-001	Artículo 250

3.5.1.2. Instalaciones para la implementación del Sistema de Tierras

Para tener un sistema integral de protección, se diseñó un sistema de tierras que involucra a los siguientes elementos a conectar a su trayectoria:

- Neutro del sistema eléctrico.
- Estructuras.
- Equipos y tuberías de proceso y servicios auxiliares.
- Tanques de almacenamiento y recipientes.
- Partes metálicas no portadoras de corriente de los equipos y gabinetes eléctricos.
- Equipos dinámicos accionados por motor eléctrico.

Las áreas consideradas para instalar el sistema de tierras eléctrica y electrónica dentro de este complejo fueron las que se mencionan a continuación.

- Subestaciones Eléctricas.
- Cuarto de baterías y cuarto de monitoreo.
- Cobertizo de naftas pesadas.
- Área de Bombas Contra Incendio y Compresores.
- Área de de Llenaderas.
- Área de Almacenamiento.
- Áreas de Proceso.
- Postes de alumbrado de calles
- Postes de Circuito cerrado de TV.
- Cuarto de control (Red de tierras electrónica).

3.5.1.3. Elementos de los Sistemas de Tierras

Es importante conocer los elementos que conforman un sistema de tierras, en los siguientes párrafos se exponen las características de los considerados para Reynosa 3 y 4:

a) Diseño

El sistema de tierras consiste de un anillo a 0.8 m de profundidad medido desde el piso terminado, que rodea a cada uno de los edificios, cada malla está formada por electrodos de puesta a tierra. Cada uno de estos anillos se interconectan a la malla general de tierras formando una malla ininterrumpida, para que cualquier corriente a tierra tenga por lo menos dos trayectorias.

b) Resistencia de la malla

El valor de la resistencia del sistema general de tierras no excede los 10 ohm para edificios, por otra parte, para plantas de proceso y subestaciones este valor no excede los 5 ohms.

c) Elementos del sistema

- Electrodos de puesta a tierra: varillas de cobre tipo copperweld de 30 cm de longitud y 19 mm (3/4") de diámetro.

Varillas de cobre directamente enterradas

- Malla: Todo el cable a utilizar para el sistema de tierras se adquirió de cobre, desnudo, temple semiduro y trenzado.

La red general de tierras se forma con cable de 67.43 mm² (2/0 AWG).

Cable trenzado de cobre para la malla de tierras

- Registros de tierra: se emplearon tramos de tubo de concreto de 20 cm de diámetro por 45 cm de longitud con el lado de la campana hacia arriba y con tapa de concreto para poder efectuar mediciones periódicas.

Registros de red de tierras

- Conectores de compresión irreversible, usados en conexiones, uniones y derivaciones.

Instalación de los conectores a compresión

Barras de tierra electrónica de cobre duro 450x63.5x6.5 mm de 1.24 A/mm^2 (800 A/in^2) montadas sobre aisladores de 50 mm de longitud, y fijadas con al menos 2 tornillos de 13 mm de diámetro.

Vista de una placa de tierras en cuarto de control

Conexión de la barra de tierras a la red de tierras electrónica y conexión de la barra de tierras al equipo electrónico, hecha con conductor cableado tipo B, de cobre suave, para 600 V, aislamiento THW-LS/THHW-LS de calibre (2/0) AWG.

3.5.1.4. Consideraciones para los Sistemas de Tierras

Se tomaron en cuenta estos requerimientos en la realización del diseño:

Los registros de puesta a tierra se instalaron a no más de 30 m, en el perímetro de las mallas de tierra de cada área.

De acuerdo a la magnitud de la corriente de falla obtenida del cálculo de corto circuito, se consideró una malla de tierras para las subestaciones y el área del TG-2, formada con cable calibre 4/0 AWG.

En las subestaciones, los conductores paralelos de las mallas se diseñaron con una separación no mayor a 7 m y para las áreas de proceso, esta separación no fue mayor de 15 m.

En la acometida al equipo a proteger, la salida del conductor de puesta a tierra se cuidó de que no obstruyera las áreas de circulación y de trabajo; para su protección mecánica a la salida de la red subterránea hacia los equipos, dispositivos o estructuras, se alojó en tramos de tubo conduit de acero galvanizado, de 21 mm (3/4”) de diámetro, incluyendo su monitor.

Protección para el cable de puesta a tierra

3.5.1.5. Consideraciones para los Sistemas de Tierras

A continuación, se justificará el uso de los calibres antes mencionados para la construcción de las mallas de Tierras de las Subestaciones, así como para las áreas generales y de proceso de la planta Criogénica 3 y 4:

Según documento MC-L-004 “Memoria de Cálculo de Corto Circuito”, se obtuvieron los valores de corto circuito máximos que corresponden a una falla de fase a tierra o monofásica:

a) En el caso de las subestaciones, la Subestación 15, es la más representativa, ya que contiene el mayor número de cargas que pueden aportan corriente de corto circuito y por ello se toma como ejemplo.

El valor de la corriente de falla es: I_{cc}=38.25 kA en dicha subestación.

Por tanto, al aplicar la ecuación 40 del IEEE Std. 80-2000, podemos encontrar el calibre de tierra del conductor para la malla:

$$A = I \frac{197.4}{\sqrt{\left[\left(\frac{TCAP}{t_C \times \alpha_r \times \rho_r}\right) \ln\left(\frac{K_0 + T_m}{K_0 + T_a}\right)\right]}}$$

A = Sección del conductor en kcmil.
I = Corriente RMS en kA.
TCAP= Capacidad Térmica por unidad de volumen de la Tabla 1, en J/[cm^3 °C]

ρ_r = Resistividad del conductor a tierra a temperatura de referencia T_r en μΩ-cm.

K_0 = $(1/\alpha_r)$- T_r

T_r = Temperatura de referencia para las constantes del material en °C.

t_C = Duración de la falla en t seg.

α_r = Coeficiente térmico de la resistividad a temperatura de referencia T_r en 1/°C.

T_a = Temperatura ambiente en °C.

T_m = Máxima temperatura permisible en °C.

Los valores requeridos son constantes según el tipo de cobre utilizado y se obtienen de la Tabla 1 del Std. 80-2000.

Donde, sustituyendo valores y con el valor de I_{cc}, tenemos:

$$A = 38.25 \frac{197.4}{\sqrt{\left[\left(\frac{3.42}{0.5 \times 0.00381 \times 1.78}\right) \ln\left(\frac{242 + 1084}{242 + 45}\right)\right]}} = 192.182$$

A=192.182 kcmil, con este resultado y de la tabla 8, Capítulo 9 del NEC, podemos ver que el calibre (4/0) AWG tiene un área de 211.600 kcmil y cubre los requerimientos para transportar la corriente de falla y por tanto es óptimo para el diseño de la malla de tierras.

b) Se desarrolla el mismo procedimiento para un área de proceso dentro de la planta, donde el valor de corto circuito es:

Icc= 15.58 kA

$$A = 15.58 \frac{197.4}{\sqrt{\left[\left(\frac{3.42}{0.5 \times 0.00381 \times 1.78}\right) \ln\left(\frac{242 + 1084}{242 + 45}\right)\right]}} = 78.280$$

A=78.280 kcmil, lo que nos arroja un calibre de 1 AWG, el cuál es capaz de transportar la corriente de falla, sin embargo por Especificaciones de Diseño del cliente, el calibre mínimo para usar en áreas generales y de proceso dentro de la planta es un calibre (2/0) AWG con un área de 133.100 kcmil, por tanto éste último calibre cubre los requerimientos.

3.5.1.6. Necesidades del aterrizamiento por equipo

3.5.1.6.1. Tierra Eléctrica

Los requerimientos de aterrizamiento en cada área y tipo de instalación se dan a continuación:

a) Equipo eléctrico

Se consideró que todo equipo o dispositivo eléctrico, fuera conectado al sistema general de tierras, el calibre del conductor se indica de acuerdo a la capacidad del dispositivo de protección de acuerdo a tabla 250.95 de la norma NOM-001-SEDE-1999, el calibre mínimo aceptado es de 2 AWG.

Se obtuvo el calibre 33.62 mm² (2 AWG) para los siguientes aterrizamientos:

Todo equipo o dispositivo eléctrico en sus partes metálicas no portadoras de corriente.

Los transformadores mayores de 500 KVA se conectaron a la malla de tierras en dos puntos.

Cable de conexión a tierra de transformador

Para motores eléctricos, tableros de control y gabinetes con tablillas terminales, instalados sobre plataformas metálicas, patines ó racks, la conexión a tierra fue realizada en forma individual y directa a la red de tierras hasta el motor.

Las carcasas de todos los motores de cualquier tamaño y tensión, así como las estaciones de botones para arranque y paro de los mismos.

El banco de baterías y los sistemas de fuerza ininterrumpible (UPS's),

Las partes metálicas expuestas que no conducen corriente de los tableros eléctricos, así como tableros de distribución de alumbrado y/o instrumentos.

El TG-2 se conectó a la red principal de tierras.

Las pantallas electrostáticas de los conductores en media tensión, en el extremo del alimentador a la llegada de la subestación, y donde se cuenta con transformador de corriente tipo dona para protección por falla a tierra, las pantallas se retornaron a través de la dona para anular las corrientes generadas por inducción externa.

b) Canalizaciones

El calibre a utilizar fue de 33.62 mm² (2 AWG) para las siguientes menciones:

En toda la trayectoria de charolas aérea o bajo piso falso, el cable se sujetó con conectores mecánicos espaciados a 1.5 metros y se conectó en sus extremos a la malla principal de tierras.

Los soportes de piso falso de cuartos de monitoreo y control.

Toda la tubería conduit que entre o salga del cuarto de charolas.

Las tuberías de proceso y racks se conectaron a la red general de tierras en intervalos no mayores a 50 m. Se efectuó puenteado de tuberías cuando las bridas de las tuberías de

proceso, eran eléctricamente aisladas, excepto cuando las tuberías de llegada tienen junta aislante monoblock y cuenten con protección catódica.

Charolas en registros eléctricos.

c) Estructuras

Las estructuras metálicas, cercas metálicas, así como sus postes.

Conexión a tierra de estructuras metálicas

La estructura de los edificios en las columnas de las esquinas y las intermedias necesarias para tener conexiones que no excedan los 20 m de distancia, incluyendo cuarto de baterías y monitoreo.

Los tanques esféricos de almacenamiento a presión de hasta 20 MB, se conectaron a tierra cuando menos en dos puntos (en extremos del diámetro del tanque). Los tanques hasta de 200 MB, se conectaron cuando menos en cuatro puntos opuestos y los tanques de 500 MB, se conectaron a tierra al menos en 8 puntos.

3.5.1.6.2. Tierra Electrónica

El valor máximo de la resistencia de la malla electrónica de tierra es de 1 ohm, por requerimiento del proveedor del sistema de control.

Para los sistemas electrónicos se diseñó una red de tierras, instalada a 800 mm bajo el nivel de piso terminado, independiente del sistema general de tierras, sin embargo las dos redes se interconectan entre ellas en un punto de la red mediante cable de cobre calibre 33.62 mm² (2 AWG) para evitar diferencias de potenciales entre ellas.

Se diseñó una red de tierras eléctrica perimetralmente en cuarto de baterías y monitoreo, la cual es independiente de la red de tierras electrónica requerida.

a) Aterrizamiento Electrónico Requerido

En cuartos de Control, se tienen barras de tierra sobre pared ó columna bajo piso falso.

En cuarto de Tableros y cuarto de charolas se tienen 2 barras de tierra a 30 cm sobre nivel de piso.

Cuarto de baterías y Cuarto de monitoreo.

Equipo electrónico y de radiocomunicación.

3.5.2. Protección contra descargas atmosféricas (Sistema de pararrayos)

3.5.2.1. Definición

El sistema de protección pararrayos provee protección contra descargas atmosféricas, se conecta directamente a tierra, sin algún nodo de interconexión al sistema eléctrico. Éste se encarga de proveer trayectorias de baja impedancia a tierra de descargas atmosféricas para protección de la gente y de las instalaciones.

La zona de protección es el espacio adyacente al sistema de protección contra descargas atmosféricas que es substancialmente inmune a las descargas directas de rayos.

3.5.2.2. Partes que lo integran

Las partes que forman el sistema de pararrayos para Criogénicas 3 y 4, son las siguientes:

a) Terminales de aire ó puntas pararrayos (puntas de Faraday) distribuidas adecuadamente en el techo ó cubiertas elevadas de edificios y estructuras que son factibles de recibir una descarga atmosférica directa. Están ubicadas a suficiente altura arriba de las estructuras para evitar el peligro de fuego por arco.

Sus características son: puntas de cobre cromado, sólidas de 12.7mm (1/2”) de diámetro y de 60 cm de longitud.

Puntas pararrayos utilizadas

b) Terminales de tierra (varillas o placas de tierras) que aseguran una conexión a tierra adecuada y provean amplio contacto con la tierra para permitir la disipación sin peligro de la energía liberada por la descarga atmosférica.

c) Conductores y conexiones que unen las terminales de aire y las terminales de tierra propiamente localizadas e instaladas, y que aseguran al menos dos trayectorias directas de bajada a tierra de las descargas atmosféricas.

Los conectores utilizados fueron mecánicos ó de compresión para conexiones visibles y para conexiones enterradas de compresión o soldables.

Los conductores se adquirieron de material cobre, de fabricación especial para sistema de pararrayos, con área transversal equivalente al menos de calibre 2/0 AWG y 558 gramos/metro.

Durante la etapa de adquisición de materiales, se supervisó que éstos fueran fabricados específicamente para este servicio, ser robustos, resistentes a la corrosión y finalmente que se instalaran firmemente.

3.5.2.3. Normatividad

Como se ha venido utilizando a los largo del desarrollo de los sistemas anteriores, el sistema de pararrayos también debió cumplir con cierta normatividad que a continuación se menciona.

PGPB-BD-L-001-P34	Bases de diseño PEMEX
ESP-L-7500-P56	Especificación PEMEX para tierras y pararrayos
NOM-001-SEDE-1999	Artículo 250
NFPA-780	Standard for the Installation of Lightning Protection Systems

3.5.2.4. Requerimientos Generales

Los lineamientos mínimos generales para diseñar este sistema se describen a continuación.

Las terminales de aire se colocaron en el perímetro de los edificios, a no más de 7.5 m de distancia entre puntas pues su altura es de 60 cm.

Las bajadas del sistema de pararrayos tienen su propio registro de puesta a tierra, es decir, son sistemas independientes. Entre ellos y los electrodos de puesta a tierra de la red del sistema eléctrico, existen separaciones mínimas de 1.80 m, así como de los de la red de tierras electrónica.

Las dos redes de tierras se interconectan entre ellas en un punto de la red con conductor aislado.

Las puntas de pararrayos se conectaron entre sí con conductores de cobre suave 32 hilos, de 11.9 mm de diámetro exterior para edificios o estructuras de menos de 23 m de altura y de 28 hilos, de 13 mm de diámetro exterior para edificios o estructuras mayores de 23 m de altura, formando trayectorias cerradas, los que conectaron a su vez a los electrodos de tierra del sistema de pararrayos mediante conductores con las mismas características con cable pararrayos. En edificios de acero estructural, se consideró que la parte metálica constituye un medio aceptable para conectar las puntas pararrayos a tierra.

3.5.3.5. Instalaciones con requerimientos de protección

Todos los edificios mayores de 7.5 m de altura y estructuras de 15 m de altura o mayor en espacios abiertos.

Edificios de alturas menores a 7.5 m ubicados en espacios abiertos y/o retirados de edificios ó estructuras mayores que no los protejan.

Las torres de las plantas de proceso, edificios y estructuras independientemente del espesor que tenga la placa de acero con que estén construidas, específicamente donde se cuente con plataformas de operación y mantenimiento.

Las estructuras de acero no requirieron la instalación de puntas pararrayos, solo puesta a tierra a la red general, solo las estructuras muy elevadas.

Los tanques de almacenamiento horizontal ó vertical con espesor de pared y de techo de 4,6 mm (3/16"), ó mayores, se consideran autoprotegidos contra descargas atmosféricas y no se requirió incluirlos en el sistema cuando estuvieron soldados o remachados debidamente conectados a tierra.

A las subestaciones eléctricas abiertas se acoplaron hilos de guarda y puntas pararrayos para protección, asegurando que todos los elementos que la integran quedaran protegidos.

Cuando se tuvieron dos estructuras de diferente altura, la menor quedó protegida por una zona de protección definida por la proyección a 63° de la estructura superior, si esta no excedía 15 m o por la proyección a 45° de la estructura superior, si esta excedía los 15 m.

3.6. Sistema de Control y Adquisición de Datos (SCADA)

3.6.1. Definición del sistema para las Plantas Criogénicas 3 y 4.

Para el proyecto Reynosa 3 y 4, el Sistema de Control y Adquisición de Datos Eléctricos (SCADA) es el encargado de monitorear y controlar datos en tiempo real, de los equipos de protección y medición de estado sólido ubicados en los tableros de las subestaciones de la planta, en el tablero del interruptor de los turbogeneradores 1 y 2 y en el tablero de transferencia, ubicado en el área de la subestación principal de CFE. Las señales obtenidas desde estos puntos son transmitidas hasta la consola SCADA, mediante fibra óptica.

3.6.2. Generalidades del sistema SCADA

Las principales características con las que cuenta este sistema se mencionan a continuación:

3.6.2.1. Software

Utiliza el sistema operativo Windows.

Interfase hombre – máquina (hmi) intuitiva

Es escalable para conectar equipos a futuro con una interfase de procesamiento central para concentrar diferentes protocolos, canales de comunicación y lógicas de control, vinculadas a una computadora maestra.

Es del tipo abierto y distribuido para manejar diferentes protocolos de comunicación con equipos de control, protección y medición eléctrica.

Tiene capacidad de asignar zonas de responsabilidad y claves de acceso para diferentes niveles y usuarios, con el fin de que queden restringidas a las personas ó áreas designadas por el cliente para la propia operación del sistema.

3.6.2.2. Funciones y características

Rango de temperatura de operación extendida de 40°C a 85 °C.

Brinda Control (Local y Remoto) con registro de hora, fecha y ejecutor:

Apertura/Cierre de Interruptores
Transferencias - Retransferencias
Esquemas y Lógica de Control Particulares en los casos requeridos

Cuenta con protección TVSS en ciertos elementos del sistema que lo requieren, para garantizar el funcionamiento del equipo y disminuir el riesgo de fallas.

Medición de Voltajes, Corrientes, Potencias, F.P, Consumos, Demandas, Armónicas, etc. Capaz de programar y registrar históricos de hasta 10 parámetros eléctricos por cada elemento de medición y visualizarlos en gráfica indicando magnitud, fecha y hora del registro.

3.6.2.3. Reportes e históricos

Este sistema realiza funciones de monitoreo, control, comunicación, elaboración de reportes y archivo de históricos.

Cuenta con registradores de eventos y datos de alta velocidad y soportan el ruteo automático de registros de eventos ó reportes a un dispositivo de respaldo. También cuenta con Secuencia de Eventos, Sumario de Alarmas, Disparos y Reportes de Medición por Circuito ó Área.

Generación de reportes y de gráficos precisos de tendencias del sistema, históricos en tiempo real.

Reporta alarmas, fallas, eventos, y además concentra la totalidad de las funciones y reportes de operación, medición, protección, estadísticas, históricos etc., que suministran cada uno de los relevadores de estado sólido involucrados en el sistema eléctrico.

3.6.2.4. Comunicaciones

Las comunicaciones del Sistema se realizan a través de un protocolo altamente seguro y eficiente capaz de soportar diferentes dispositivos electrónicos inteligentes en una ó varias líneas de comunicación. Este protocolo incluye codificación de seguridad que cumple con todas las funciones propias de un Sistema SCADA.

Capacidad de conexión a dispositivos I/O externos.

Facilidad de expansión de un nodo a múltiples nodos, conservando la filosofía SCADA y fácil interconexión a red de cómputo.

Acceso remoto a través de Ethernet.

Inmunidad a transitorios y EMI.

CONCLUSIONES

Al finalizar este trabajo, puedo darme cuenta de la importancia que posee la construcción y culminación exitosa de las Plantas Criogénicas Modulares, ya que la demanda de gas natural en nuestro país es alta, demanda que tiene como protagonistas al sector industrial, sector generación de energía, sector doméstico y sector ventas al extranjero (E.U. primordialmente).

Se espera que la demanda aumente por ejemplo, como combustible primario de generación de energía hasta en 4 veces la demanda actual. Es por ello que urge a las empresas nacionales realizar este tipo de proyectos, ya que PEMEX posee contratos por servicios múltiples con empresas transnacionales hasta por 10 años, las cuales aportan capital, tecnología y mano de obra, excluyendo a empresas mexicanas.

Durante mi permanencia en este proyecto, he tenido interrelación y por ello, conocido sobre la ingeniería básica, áreas clasificadas, sistemas de alumbrado, sistemas de tierras y pararrayos, el sistema de adquisición de datos, especificación y requisición de materiales, normatividad eléctrica nacional e internacional, modelado de plantas con software en 3D, además he adquirido experiencia en juntas a las que he sido invitada para inspección de equipo y negociaciones con el cliente, todo forma mi acervo como ingeniero eléctrico.

Al ir abordando los diversos temas que componen este trabajo, reconozco la necesidad de estar completamente familiarizado con la terminología eléctrica, con las normas aplicables más actuales y con la inquietud de conocer más cada vez más afanosamente las normas que sustentan a los buenos diseños. Esto con respecto a los sistemas de distribución de Fuerza, ya que cada punto tiene que sustentarse en el conocimiento recabado día a día ya sea técnico o a través de la experiencia.

Mientras que para los sistemas restantes, tuve que conocerlos en los aspectos más generales y en algunos puntos de ellos mismos, de una manera más específica.

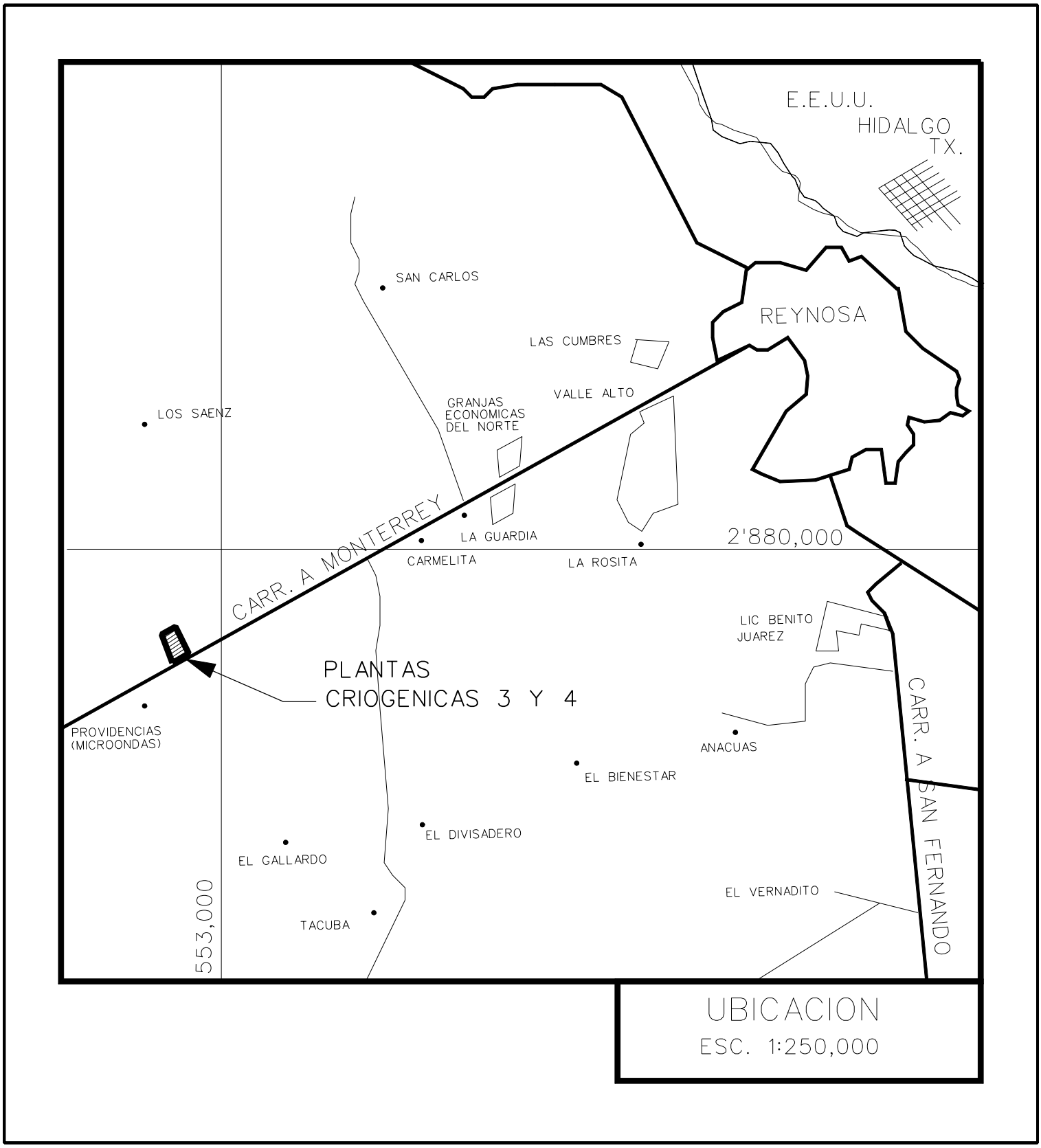
Como elemento perteneciente a los sistemas de Fuerza y Control, fue mi responsabilidad que cada carga demandada en la planta, tuviera un suministro confiable y continuo, con posibilidad nula de sometimiento a fallas por calentamiento y daño mecánico de conductores, vibración del equipo, humedad en cables, falsos contactos, etc.

Este proyecto me dejo experiencias enriquecedoras, que servirán para su posterior aplicación en otros proyectos, tanto para perfeccionarlos como para tomarlos como retroalimentación. En el sector humano, aprendí la importancia del trabajo bien organizado, en conjunto y dirigido por gente que conozca para ser capaz de evaluar y corregir.

Considero que mi avance ha sido de manera sólida y constante y ahora puedo ir midiendo mis resultados y hacer comparativas desde el momento que empecé a trabajar hasta este momento, obteniendo resultados positivos.

ANEXO A

PLANO DE LOCALIZACIÓN DE LAS PLANTAS CRIOGÉNICAS REYNOSA 3 Y 4

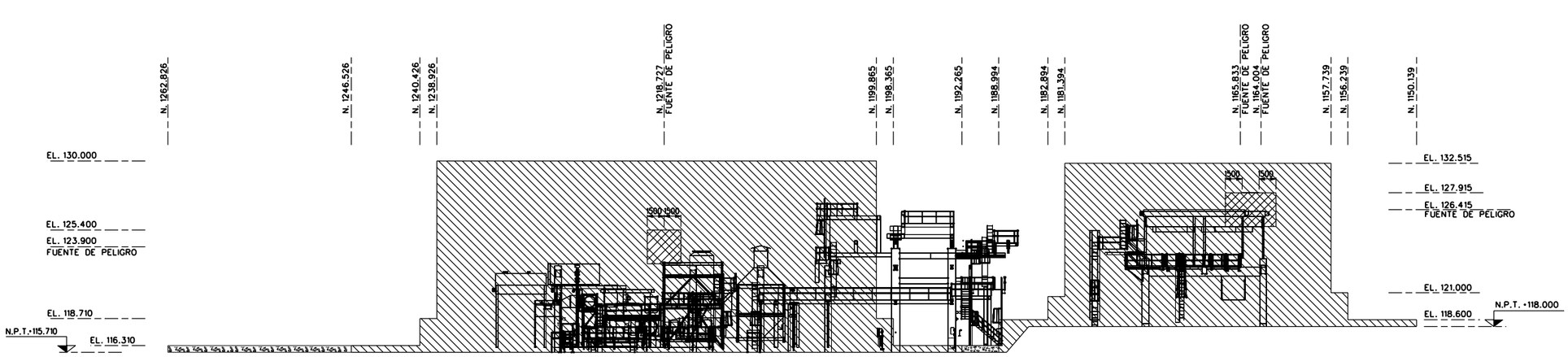


PLANO DE LOCALIZACION DE LAS PLANTAS CRIOGENICAS 3 Y 4

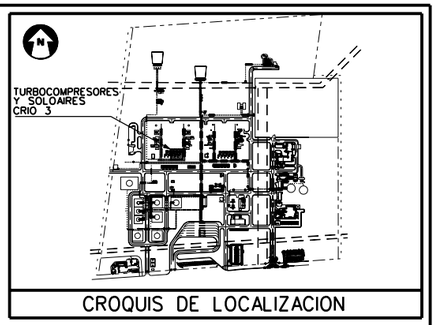
ANEXO B

PLANO DE CLASIFICACIÓN DE ÁREAS PELIGROSAS

REV.	DIBUJO No:
0	L-33-201



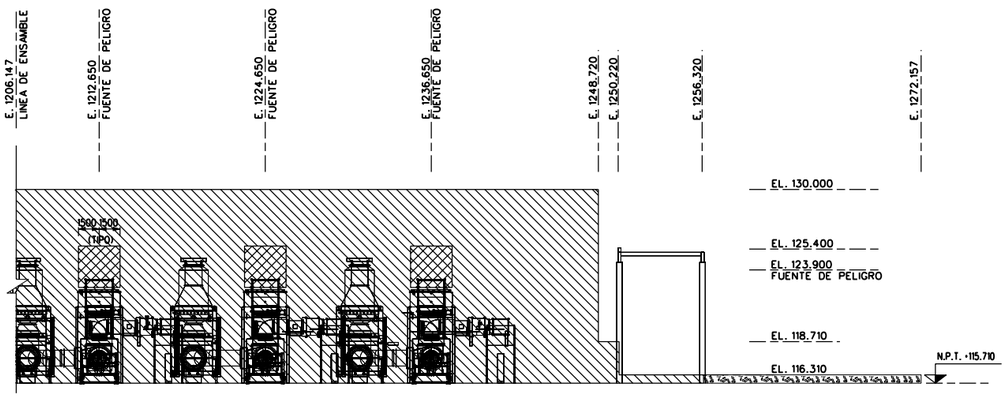
CORTE A L-33-200



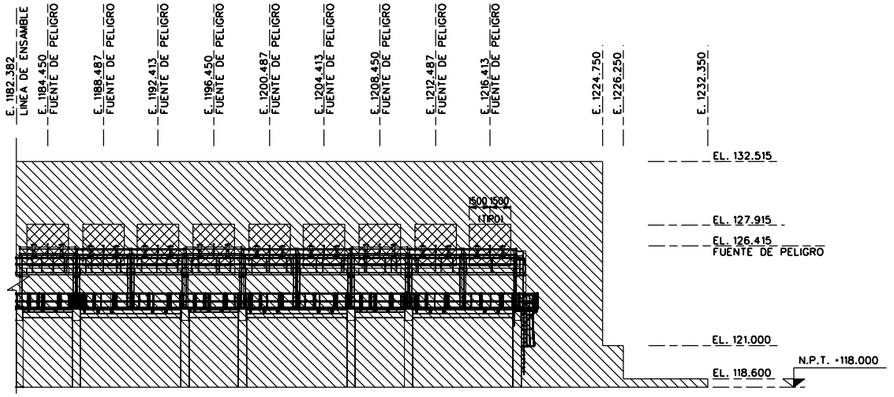
CROQUIS DE LOCALIZACION

SIMBOLOGIA:

- CLASE 1 DIVISION 2 GRUPO D.
- CLASE 1 DIVISION 1 GRUPO D.
- AREA ADICIONAL CLASE 1 DIVISION 2



CORTE B L-33-200



CORTE C L-33-200

NOMENCLATURA

N.P.T. NIVEL DE PISO TERMINADO

EL. ELEVACION

NOTAS:

1.- LOS PLANOS DE CLASIFICACION DE AREAS ESTAN DE ACUERDO CON LAS SIGUIENTES NORMAS O RECOMENDACIONES.
APIRP 500 "RECOMMENDED PRACTICE FOR CLASSIFICATION OF LOCATIONS FOR ELECTRICAL INSTALLATIONS AT PETROLEUM FACILITIES CLASSIFIED AS CLASS I DIVISION 1 AND DIVISION 2 NOV. 1997".

2.- ACOTACIONES EN MILIMETROS, NIVELES Y COORDENADAS EN METROS

3.- LA EXTENSION DEL AREA CLASIFICADA ESTA EN BASE A LA RECOMENDACION DEL API RP 500, Y CUMPLE CON LA ESPECIFICACION PEMEX 2.203.01 "CLASIFICACION DE AREAS PELIGROSAS Y SELECCION DE EQUIPO ELECTRICO.

4.- LOS EQUIPOS ELECTRICOS SE DISEÑARAN E INSTALARAN SIGUIENDO LOS CRITERIOS DE DISEÑO ELECTRICO PGPB-BD-L-001P34.

5.- PARA NOTAS GENERALES VER PLANO No. L-33-200

C.P.	FECHA	REVISIONES				
		MCA.	DESCRIPCION	FECHA	POR	Vo.Bo.
		0	APROBADO PARA CONSTRUCCION	AGO/05	JOM	RFR

NUM.	DIBUJOS DE REFERENCIA
L-33-200	CLASIFICACION DE AREAS, CRIO 3 TURBOCOMPRESORES Y SOLOAIRES

APROBACIONES DE PEMEX	
ING. ESPECIALISTA	FECHA
ING. FERNANDO NAMBO	
SUPERVISION DE INGENERIA	FECHA
ING. PLINIO MARTINEZ	
DIRECTOR DE PROYECTO	FECHA
ING. LEONARDO CORNEJO	

PEMEX
GAS Y PETROQUIMICA BASICA
DIBUJO ELABORADO EN: MEXICO, D. F.

ICA FLUOR
PROYECTO NO. 70-284

DIBUJO:		NICOLES ASP
REVISO:		NICOLES AVV/OYG
SUPERVISOR:		NICOLES JOM
ING. DE PROYECTO:		NICOLES MEVG
GERENTE DE PROYECTO:		NICOLES VSR
ESCALA: 1:200	ACOT: MM	

CODIGO DIST:

PLANTAS CRIOGENICAS REYNOSA 3 Y 4
CLASIFICACION DE AREAS
CRIO 3 TURBOCOMPRESORES Y SOLOAIRES

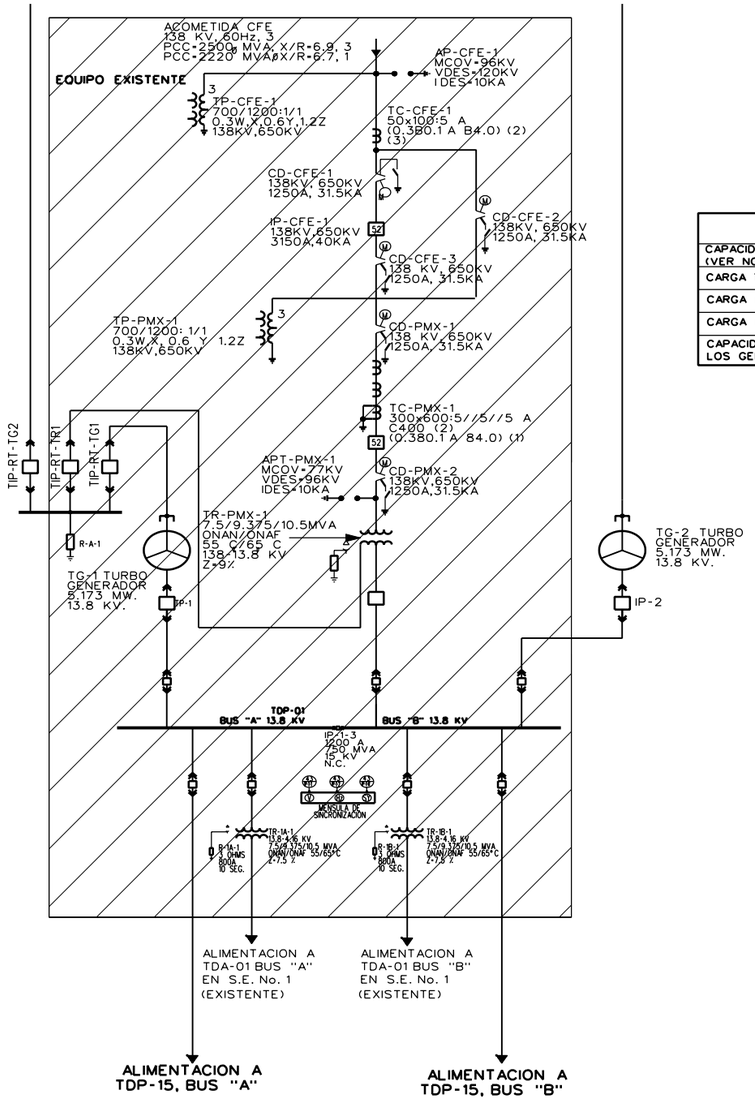
PROYECTO	NUMERO DE DIBUJO:	REV.
PEMEX No. E-600-64-03	L-33-201	0
LOCALIZACION DEL PROYECTO: REYNOSA, TAMPS.		

NOMBRE DEL ARCHIVO: L332010.DGN

ANEXO C

DIAGRAMAS UNIFILARES GENERALES DE REYNOSA 3 Y4

DIBUJO No: L-00-001 | REV. 0



TDP-01	BUS A	BUS B	TOTAL KVA
CAPACIDAD TOTAL DISPONIBLE (VER NOTA 4)	153.23	466.75	619.98
CARGA TOTAL INSTALADA	9256.69	9484.74	18741.43
CARGA TOTAL EN OPERACION	6313.02	5999.50	12312.52
CARGA TOTAL RELEVO	2117.92	2163.48	4281.40
CAPACIDAD NOMINAL DE LOS GENERADORES	6466.25	6466.25	12932.5

NOTAS:

1.- LA INFORMACION DELIMITADA DENTRO DE ESTAS LINEAS MUESTRA INFORMACION QUE SE DESARROLLARA SOLAMENTE COMO INGENIERIA DE DETALLE EL SUMINISTRO E INSTALACION DE ESTOS EQUIPOS SERA POR PEMEX EN EL DESARROLLO DE UN PROYECTO FUTURO.

2.- VER REFERENCIAS DE DIAGRAMAS UNIFILARES EN DOCUMENTOS:

SK-1 DIAGRAMA UNIFILAR, TDP-01 S.E. 1 13.8 KV
SK-1-1 DIAGRAMA UNIFILAR, TDB-1-1 S.E. 1 480V
SK-15-1H-1 DIAGRAMA UNIFILAR, TDB-15 S.E. 15 480V, CRIOGENICA 3
SK-15-1H-2 DIAGRAMA UNIFILAR, TDB-15 S.E. 15 480V, CRIOGENICA 3
SK-15-2 DIAGRAMA UNIFILAR, TDB-15-11 S.E. 15 220V, CRIOGENICA 3
SK-15-3H-1 DIAGRAMA UNIFILAR, TDB-15-2 S.E. 15 480V, CRIOGENICA 4
SK-15-3H-2 DIAGRAMA UNIFILAR, TDB-15-2 S.E. 15 480V, CRIOGENICA 4
SK-15-4 DIAGRAMA UNIFILAR, TDB-15-22 S.E. 15 220V, CRIOGENICA 4
SK-15-7 DIAGRAMA UNIFILAR, TDP-15, S.E. 15, 13.8 KV
SK-15-21 DIAGRAMA UNIFILAR, UPS ALUMBRADO EMERGENCIA
SK-17-2 DIAGRAMA UNIFILAR, TDB-17-1 S.E. 17, 480V
SK-17-3 DIAGRAMA UNIFILAR, TDB-17-11/CCM17-1, S.E. 17, 220V
SK-18 DIAGRAMA UNIFILAR, S.E. ACOMETIDA CFE

3.- LA CAPACIDAD TOTAL DISPONIBLE DE CADA BUS (PARA CRECIMIENTO FUTURO), ESTA BASADA EN LA CAPACIDAD NOMINAL DEL TRANSFORMADOR QUE LO ALIMENTA.

4.- LA CAPACIDAD TOTAL DISPONIBLE DE CADA BUS (PARA CRECIMIENTO FUTURO), ESTA BASADA EN LA CAPACIDAD QUE TIENEN EN SITIO LOS GENERADORES 5,173 KW @ FP=0.8 (6466.25 KVA)

5.- LA CAPACIDAD TOTAL DISPONIBLE DE CADA BUS (PARA CRECIMIENTO FUTURO), SE CONSIDERA IGUAL AL 10% DE LA CARGA EN OPERACION

6.- EN LA CARGA TOTAL EN OPERACION SE ENCUENTRA INCLUIDA LA CARGA INTERMITENTE.

SIMBOLOGIA

EQUIPO EXISTENTE

C.P.	FECHA	REVISIONES					NUM.	DIBUJOS DE REFERENCIA
		MCA.	DESCRIPCION	FECHA	POR	Vo.Bo.		
		0	APROBADO PARA CONSTRUCCION	JUN/05	AR	JOM		

APROBACIONES DE PEMEX	
ING. ESPECIALISTA	FECHA
ING. FERNANDO NAMBO	
SUPERVISION DE INGENIERIA	FECHA
ING. PLINIO MARTINEZ	
DIRECTOR DE PROYECTO	FECHA
ING. LEONARDO CORNEJO	

PEMEX
GAS Y PETROQUIMICA BASICA
DIBUJO ELABORADO EN: MEXICO, D. F.

ICA FLUOR
PROYECTO NO. 70-284

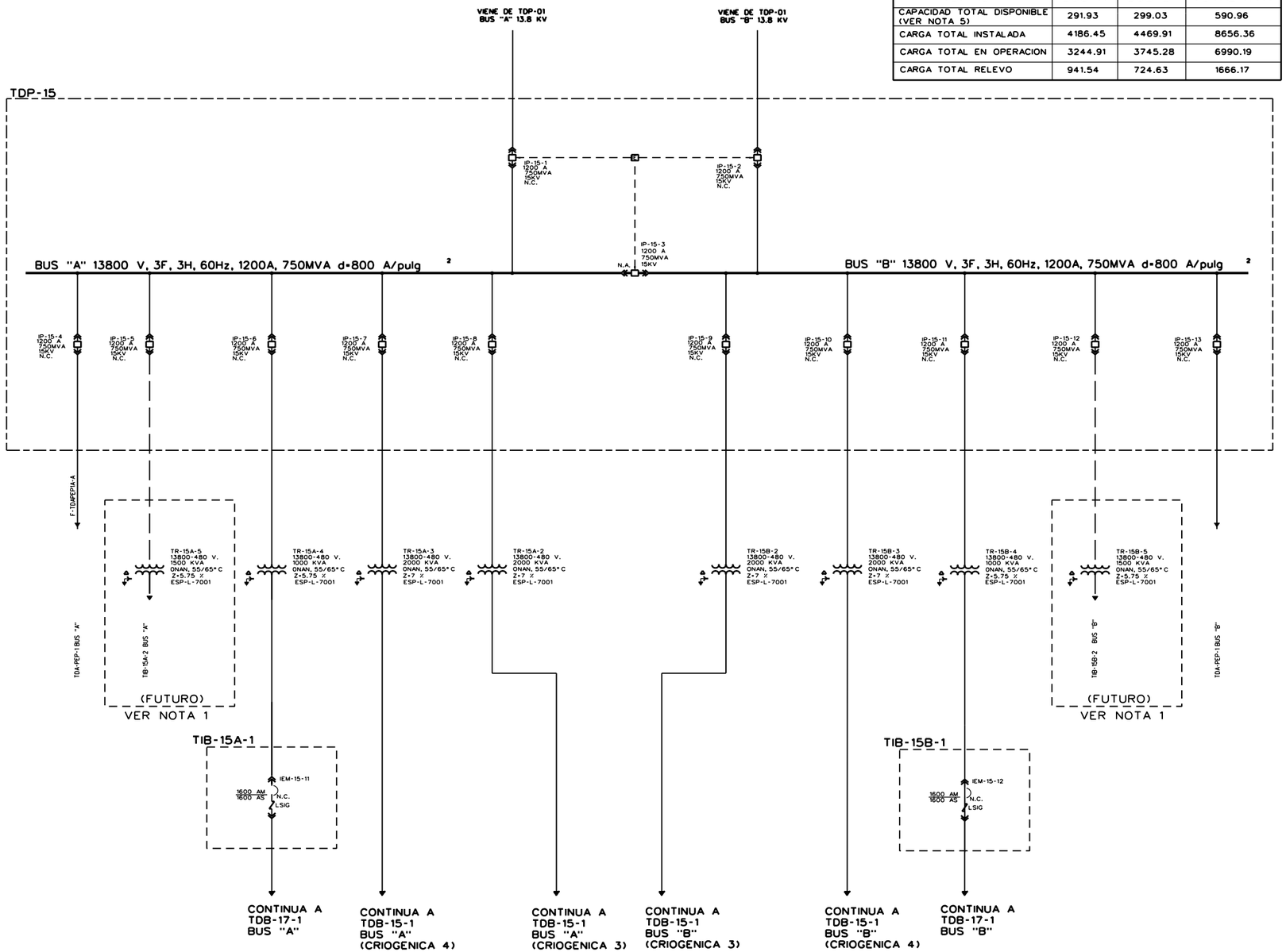
		INICIALES
DIBUJO:		RCR
REVISO:		ARS
SUPERVISOR:		JOM
ING. DE PROYECTO:		HEVG
GERENTE DE PROYECTO:		DR
ESCALA: S/E	ACOT: SIN	
CODIGO DIST:		

PLANTAS CRIOGENICAS REYNOSA 3 Y 4
DIAGRAMA UNIFILAR
SUBESTACION ACOMETIDA DE CFE Y TABLERO TDP-01

PROYECTO PEMEX No. E-600-64-03
LOCALIZACION DEL PROYECTO: REYNOSA, TAMPS.
NUMERO DE DIBUJO: L-00-001
REV. 0
NOMBRE DEL ARCHIVO: L000010.DGN

REV.	DIBUJO No:
0	L-00-001

TDP-15	BUS A	BUS B	TOTAL KVA
CAPACIDAD TOTAL DISPONIBLE (VER NOTA 5)	291.93	299.03	590.96
CARGA TOTAL INSTALADA	4186.45	4469.91	8656.36
CARGA TOTAL EN OPERACION	3244.91	3745.28	6990.19
CARGA TOTAL RELEVO	941.54	724.63	1666.17



C.P.	FECHA	REVISIONES				
		MCA.	DESCRIPCION	FECHA	POR	Vo.Bo.
		0	APROBADO PARA CONSTRUCCION	JUN/05	AR	JOM

NUM.	DIBUJOS DE REFERENCIA

APROBACIONES DE PEMEX	
ING. ESPECIALISTA	FECHA
ING. FERNANDO NAMBO	
SUPERVISION DE INGENERIA	FECHA
ING. PLINIO MARTINEZ	
DIRECTOR DE PROYECTO	FECHA
ING. LEONARDO CORNEJO	

PEMEX
GAS Y PETROQUIMICA BASICA
DIBUJO ELABORADO EN: MEXICO, D. F.

ICA FLUOR
PROYECTO NO. 70-284

DIBUJO:		INICIALES RCR
REVISO:		INICIALES ARS
SUPERVISOR:		INICIALES JOM
ING. DE PROYECTO:		INICIALES MEVG
GERENTE DE PROYECTO:		INICIALES DR
ESCALA: S/E	ACOT: SIN	
CODIGO DIST:		

PLANTAS CRIOGENICAS REYNOSA 3 Y 4
DIAGRAMA UNIFILAR
SUBESTACION No. 15
TABLERO TDP-15

PROYECTO	NUMERO DE DIBUJO:	REV.
PEMEX No. E-600-64-03	L-00-001	0
LOCALIZACION DEL PROYECTO: REYNOSA, TAMPS.		

NOMBRE DEL ARCHIVO: L000010.DGN

0	L-00-001
REV.	DIBUJO No.

VIENE DE TR-15A-2 (SE 15)

VIENE DE TR-15B-2 (SE 15)

TDB-15-1	BUS A	BUS B	TOTAL KVA
CAPACIDAD TOTAL DISPONIBLE (VER NOTA 3)	1079.45	1221.38	------
CARGA TOTAL INSTALADA	1582.16	1462.29	3044.45
CARGA TOTAL EN OPERACION	1075.44	1086.85	2162.29
CARGA TOTAL RELEVO	506.72	375.44	882.15

TDB-15-1 CRIOGENICA No. 3

CONTINUA EN PARTE INFERIOR IZQUIERDA DE ESTE PLANO

BUS "A" 480 V, 3F, 3H, 60Hz, 3000 A, 42 KA SIM. d = 800 A/Pulg.²

BUS "B" 480 V, 3F, 3H, 60Hz, 3000 A, 42 KA SIM. d = 800 A/Pulg.²

CONTINUA EN PARTE INFERIOR DERECHA DE ESTE PLANO

3MGB-2101A-XB · DISPONIBLE · DISPONIBLE · 3MGA-4001A · 3MEB-2901-B · 3MEB-2901-D · 3MGB-2101B-XC · 3MCC/GB-1901-XA · 3MEB-3501-A · DISPONIBLE · DISPONIBLE · 3MGB-2101A-XA · 3MGB-2101C-XA · 3MBA-3501-XA · DISPONIBLE · 3MGB-3501A-XA · 3MGB-3501A-XB · 3MGA-1901B · 3MGA-5501B · 3MGA-2901B · UP-01 · UP-01 · UP-01 · WR-15-31A/B/C · UP-04 · BB-15-1 · BB-15-3 · DISPONIBLE · 3MCC/GB-1901-XD · 3MEB-2901-A · 3MGB-3501A · WR-15-34 A/B/C (60Amp) · UP-02 · UP-05 · WR-15-32 · DISPONIBLE (5 H.P.) · 3MEB-3501-B · 3MCC/GB-1901-XB · BB-15-2 · 3MGB-2101A-XC · DISPONIBLE · 3MGB-2101B-XA · 3MGA-4001B · 3MGA-1901A · DISPONIBLE · 3MGA-2901A · 3MGA-5501A · 3MGB-2101A-A · DISPONIBLE · 3MCC/GB-1901-XE · 3MGA-0302A · 3MGB-2101B-XB · 3MGB-3501B-XA · 3MGB-3501B-XB · 3MEB-2103A-C · 3MEB-2103A-D · 3MEB-2103C-B

TDB-15-1 CRIOGENICA No. 3

BUS "A" 480 V, 3F, 3H, 60Hz, 3000 A, 42 KA SIM. d = 800 A/Pulg.²

CONTINUA EN PARTE SUPERIOR IZQUIERDA DE ESTE PLANO

BANCO DE CAPACITORES · DISPONIBLE · DISPONIBLE · CTAL-15-3A · 3MEB-0302-C · DISPONIBLE · 3MEB-0302-A · 3MGB-2101B-XE · 3MGB-2101C-XB · 3MGA-0304A · 3MEB-2103C-C · 3MEB-2103B-A · 3MEB-2103B-B · 3MEB-2101C-A · 3MEB-2101B-B · UPS-AE-15-1 · 3MEB-2101A-B · 3MGA-0302B · 3MEB-2902-A · 3MGB-3501B · 3MGA-0303A · 3MGA-0305B · 3MEB-2103A-A · 3MEB-2103A-B · 3MEB-2103C-A · DISPONIBLE

CONTINUA EN PARTE SUPERIOR DERECHA DE ESTE PLANO

BUS "B" 480 V, 3F, 3H, 60Hz, 3000 A, 42 KA SIM. d = 800 A/Pulg.²

DISPONIBLE · 3MEB-2902-B · 3MEB-2103B-C · 3MEB-2103B-D · 3MEB-2103C-D · 3MGA-0304B · 3MGB-2101A-XE · 3MEB-0302-B · 3MEB-2101B-A · 3MEB-2101C-B · 3MCC/GB-1901-XC · DISPONIBLE · 3MEB-2901-C · 3MGB-2101C-XC · DISPONIBLE · 3MGB-2101C-XE · DISPONIBLE · CTAL-15-3B · CTAL-15-3C · DISPONIBLE · TCD-15A · TR-AE-15-1 · 3MGA-0303B · 3MGA-0305A · DISPONIBLE · BANCO DE CAPACITORES

TT-15-11

TDB-15-11	BUS UNICO	TOTAL KVA
CAPACIDAD TOTAL DISPONIBLE (VER NOTA 3)	63.00	63.00
CARGA TOTAL INSTALADA	182.71	182.71
CARGA TOTAL EN OPERACION	162.00	162.00
CARGA TOTAL RELEVO	0.00	0.00

TDB-15-11 CRIOGENICA No. 3

220/127V, 3F, 4H, 60Hz, 800A, 18 KA

TA-K · TA-S · TA-A · TA-M · TA-O · TD-SP-31 · DISPONIBLE · TD-SP-32 · TA-C · TA-F · TA-H · DISPONIBLE · TD-HVAC-01 · TA-J · TA-L · TA-U · TA-G

C.P.	FECHA	REVISIONES				
		MCA.	DESCRIPCION	FECHA	POR	Vo.Bo.
		0	APROBADO PARA DISE-O	JUN/05	ARS	JDH

NUM.	DIBUJOS DE REFERENCIA

APROBACIONES DE PEMEX		
ING. ESPECIALISTA		FECHA
ING. FERNANDO IMMBO		
SUPERVISION DE INGENIERIA		FECHA
ING. PLINIO MARTINEZ		
DIRECTOR DE PROYECTO		FECHA
ING. LEONARDO CORNEJO		

PEMEX
GAS Y PETROQUIMICA BASICA
DIBUJO ELABORADO EN: MEXICO, D. F.

ICA FLUOR
PROYECTO NO. 70-284

DIBUJO:		FECHA:
REVISO:		FECHA:
SUPERVISOR:		FECHA:
ING. DE PROYECTO:		FECHA:
GERENTE DE PROYECTO:		FECHA:
ESCALA: S/E.	ACOT: SIN.	
CODIGO DIST:		

PLANTAS CRIOGENICAS REYNOSA 3 Y 4
DIAGRAMA UNIFILAR
TDB-15-1
CRIOGENICA No. 3

PROYECTO PEMEX No. E-600-64-03
LOCALIZACION DEL PROYECTO: REYNOSA, TAMPS.
NUMERO DE DIBUJO: L-00-001
REV. 0
NOMBRE DEL ARCHIVO: L000010.DGN

TDB-15-2	BUS A	BUS B	TOTAL KVA
CAPACIDAD TOTAL DISPONIBLE (VER NOTA 3)	1369.13	1259.53	------
CARGA TOTAL INSTALADA	1101.07	1184.84	2285.91
CARGA TOTAL EN OPERACION	758.50	977.56	1736.06
CARGA TOTAL RELEVO	342.57	207.28	549.85

VIENE DE TR-15A-3 (SE 15)

VIENE DE TR-15B-3 (SE 15)

TDB-15-2 CRIOGENICA No. 4

CONTINUA EN PARTE INFERIOR IZQUIERDA DE ESTE PLANO

BUS "A" 480V, 3F, 3H, 60Hz, 3000 A, 42 KA SIM. d = 800 A/Pulg.

BUS "B" 480V, 3F, 3H, 60Hz, 3000 A, 42 KA SIM. d = 800 A/Pulg.

CONTINUA EN PARTE INFERIOR DERECHA DE ESTE PLANO

DISPONIBLE
4MGB-2101A-XB
DISPONIBLE
4MGA-4001A
4MEB-2901-B
4MEB-2901-D
4MGB-2101A-XC
4MGC/GB-1901-XA
4MEB-3501-B
DISPONIBLE
DISPONIBLE
4MGB-2101A-XA
4MBA-3501-XA
DISPONIBLE
4MGB-3501A-XA
4MGB-3501A-XB
4MGA-1901B
4MGA-5501B
4MGA-2901B
DISPONIBLE
DISPONIBLE
WR-15-41 A/B/C
DISPONIBLE
BB-15-4
BB-15-5
DISPONIBLE
4MGC/GB-1901-XD

4MEB-2901-A
4MGB-3501A
WR-15-44 A/B
DISPONIBLE
DISPONIBLE
WR-15-42
DISPONIBLE
4MEB-3501-A
4MGC/GB-1901-XB
DISPONIBLE
4MGC/GB-2101-XC
DISPONIBLE
4MGB-2101B-XA
4MGA-1901-A
4MGA-4001B
DISPONIBLE
4MGA-2901A
4MGA-5501A
4MEB-2103B-A
DISPONIBLE
DISPONIBLE
4MGC/GB-1901-XE
4MGA-0302A
4MGB-2101B-XB
4MGB-3501B-XA
4MGB-3503B-XB
4MEB-2103B-A

TDB-15-2 CRIOGENICA No. 4

CONTINUA EN PARTE SUPERIOR IZQUIERDA DE ESTE PLANO

BUS "A" 480V, 3F, 3H, 60Hz, 3000 A, 42 KA SIM. d = 800 A/Pulg.

BANCO DE CAPACITORES
DISPONIBLE
DISPONIBLE
CTAL-15-4A
4MEB-0302-B
4MGB-2101B-XE
DISPONIBLE
DISPONIBLE
4MEB-2103A-D
4MEB-2101B-B
4MEB-2101A-A
4MGA-0302B
4MEB-2902-A
4MGA-0304-A
4MGA-0303-B
4MGA-0305-A
4MGB-3501B
4MEB-2103A-A
4MEB-2103A-B
4MEB-2103A-C

CONTINUA EN PARTE SUPERIOR DERECHA DE ESTE PLANO

BUS "B" 480V, 3F, 3H, 60Hz, 3000 A, 42 KA SIM. d = 800 A/Pulg.

4MEB-2103B-B
4MEB-2103B-C
DISPONIBLE
4MEB-2902-B
4MEB-2103B-D
4MEB-0302-A
4MEB-2101A-B
4MGC/GB-1901-XC
DISPONIBLE
4MEB-2901-C
4MEB-0302-C
4MGB-2101A-XE
DISPONIBLE
CTAL-15-4B
DISPONIBLE
DISPONIBLE
4MGA-0304-B
4MGA-0303-A
4MGA-0305-B
BANCO DE CAPACITORES

TT-15-22

TDB-15-22 CRIOGENICA No. 4

220/127V, 3F, 4H, 60Hz, 800A, 18 KA

DISPONIBLE
TA-8
TA-I
TD-SP-41
TD-SP-42
DISPONIBLE

TDB-15-22	BUS UNICO	TOTAL KVA
CAPACIDAD TOTAL DISPONIBLE (VER NOTA 3)	201.41	201.41
CARGA TOTAL INSTALADA	37.94	37.94
CARGA TOTAL EN OPERACION	23.59	23.59
CARGA TOTAL RELEVO	0.00	0.00

C.P.	FECHA	REVISIONES			
		MCA.	DESCRIPCION	FECHA	POR
		0	APROBADO PARA DISE-O	JUN/05	MRS

NUM.	DIBUJOS DE REFERENCIA

APROBACIONES DE PEMEX		
	ING. ESPECIALISTA	FECHA
	ING. FERNANDO RAMIRO	
	SUPERVISION DE INGENIERIA	FECHA
	ING. PLINIO MARTINEZ	
	DIRECTOR DE PROYECTO	FECHA
	ING. LEONARDO CORNEJO	

PEMEX
GAS Y PETROQUIMICA BASICA
DIBUJO ELABORADO EN: MEXICO, D. F.

ICA FLUOR
PROYECTO NO. 70-284

DIBUJO:
REVISO:
SUPERVISOR:
ING. DE PROYECTO:
GERENTE DE PROYECTO:
ESCALA: S/E. ACOT: SIN.
CODIGO DIST:

PLANTAS CRIOGENICAS REYNOSA 3 Y 4
DIAGRAMA UNIFILAR
TDB-15-2
CRIOGENICA No. 4

PROYECTO
PEMEX No. E-600-64-03
LOCALIZACION DEL PROYECTO: REYNOSA, TAMPS.

NUMERO DE DIBUJO: L-00-001

REV. 0

NOMBRE DEL ARCHIVO: L000010.DGN

0 L-00-001
REV. NUMERO DE DIBUJO

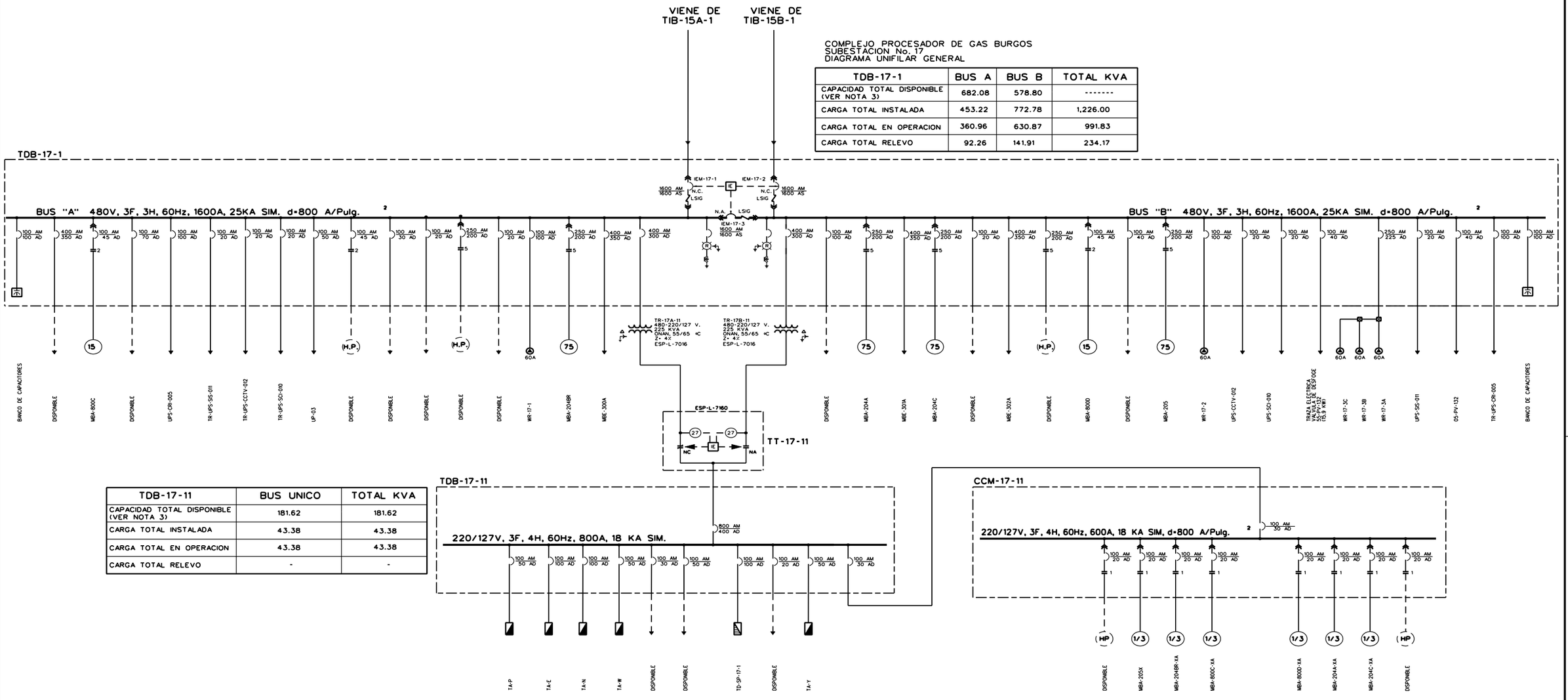
REV.	DIBUJO No:
0	L-00-001

VIENE DE TIB-15A-1

VIENE DE TIB-15B-1

COMPLEJO PROCESADOR DE GAS BURGOS
SUBESTACION No. 17
DIAGRAMA UNIFILAR GENERAL

TDB-17-1	BUS A	BUS B	TOTAL KVA
CAPACIDAD TOTAL DISPONIBLE (VER NOTA 3)	682.08	578.80	-------
CARGA TOTAL INSTALADA	453.22	772.78	1,226.00
CARGA TOTAL EN OPERACION	360.96	630.87	991.83
CARGA TOTAL RELEVO	92.26	141.91	234.17



TDB-17-11	BUS UNICO	TOTAL KVA
CAPACIDAD TOTAL DISPONIBLE (VER NOTA 3)	181.62	181.62
CARGA TOTAL INSTALADA	43.38	43.38
CARGA TOTAL EN OPERACION	43.38	43.38
CARGA TOTAL RELEVO	-	-

C.P.	FECHA	REVISIONES				
		MCA.	DESCRIPCION	FECHA	POR	Vo.Bo.
		0	APROBADO PARA CONSTRUCCION	JUN/05	AR	JOM

NUM.	DIBUJOS DE REFERENCIA

APROBACIONES DE PEMEX	
ING. ESPECIALISTA	FECHA
ING. FERNANDO NAMBO	
SUPERVISION DE INGENIERIA	FECHA
ING. PLINIO MARTINEZ	
DIRECTOR DE PROYECTO	FECHA
ING. LEONARDO CORNEJO	

PEMEX
GAS Y PETROQUIMICA BASICA
DIBUJO ELABORADO EN: MEXICO, D. F.

ICA FLUOR
PROYECTO NO. 70-284

		INICIALES
DIBUJO:		ROR
REVISO:		ARS
SUPERVISOR:		JOM
ING. DE PROYECTO:		MEVG
GERENTE DE PROYECTO:		DR
ESCALA: S/E	ACOT: SIN	

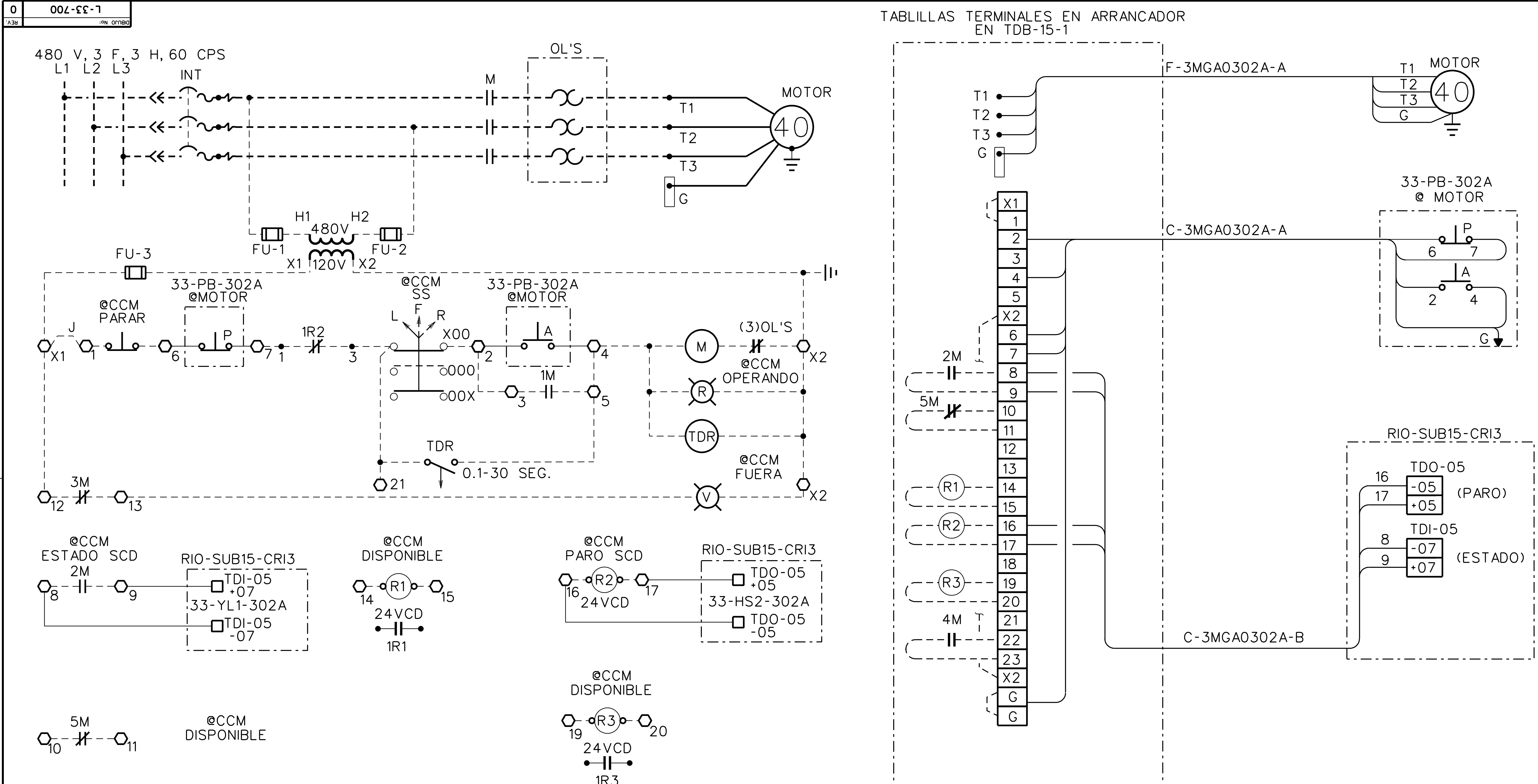
CODIGO DIST:

PLANTAS CRIOGENICAS REYNOSA 3 Y 4
DIAGRAMA UNIFILAR
SUBESTACION No. 17
TABLEROS TDB-17-1 Y TDB-17-11

PROYECTO PEMEX No. E-600-64-03
LOCALIZACION DEL PROYECTO: REYNOSA, TAMPS.
NUMERO DE DIBUJO: L-00-001
REV. 0
NOMBRE DEL ARCHIVO: L000010.DGN

ANEXO D

DIAGRAMA ESQUEMATICO Y DE INTERCONEXIÓN



NOTAS:

- VER SIMBOLOGIA Y NOTAS GENERALES EN EL PLANO No L-55-770

C.P.	FECHA	MCA.	DESCRIPCION	FECHA	POR	Vo.Bo.
		0	APROBADO PARA CONSTRUCCION	JUN/05	AR	JOM

NUM.	DIBUJOS DE REFERENCIA
L-33-001	DIAGRAMA UNIFILAR TDB-15-1
L-33-002	DIAGRAMA UNIFILAR TDB-15-1

APROBACIONES DE PEMEX	
ING. ESPECIALISTA	FECHA
ING. FERNANDO NAMBO	
SUPERVISION DE INGENIERIA	FECHA
ING. PLINIO MARTINEZ	
DIRECTOR DE PROYECTO	FECHA
ING. LEONARDO CORNEJO	

PEMEX
GAS Y PETROQUIMICA BASICA
DIBUJO ELABORADO EN: MEXICO, D. F.

ICA FLUOR
PROYECTO NO. 70-284

DIBUJO:		INICIALES CPR
REVISO:		INICIALES AR
SUPERVISOR:		INICIALES JOM
ING. DE PROYECTO:		INICIALES MEVG
GERENTE DE PROYECTO:		INICIALES DR
ESCALA: S/E	ACOT: SIN	

CODIGO DIST:

PLANTAS CRIOGENICAS REYNOSA 3 Y 4
DIAGRAMA ELEMENTAL Y DE INTERCONEXION
3MGA-0302A

PROYECTO PEMEX No. E-600-64-03
LOCALIZACION DEL PROYECTO: REYNOSA, TAMPS.
NUMERO DE DIBUJO: L-33-700
REV. 0

NOMBRE DEL ARCHIVO: L337000.DGN

ANEXO E

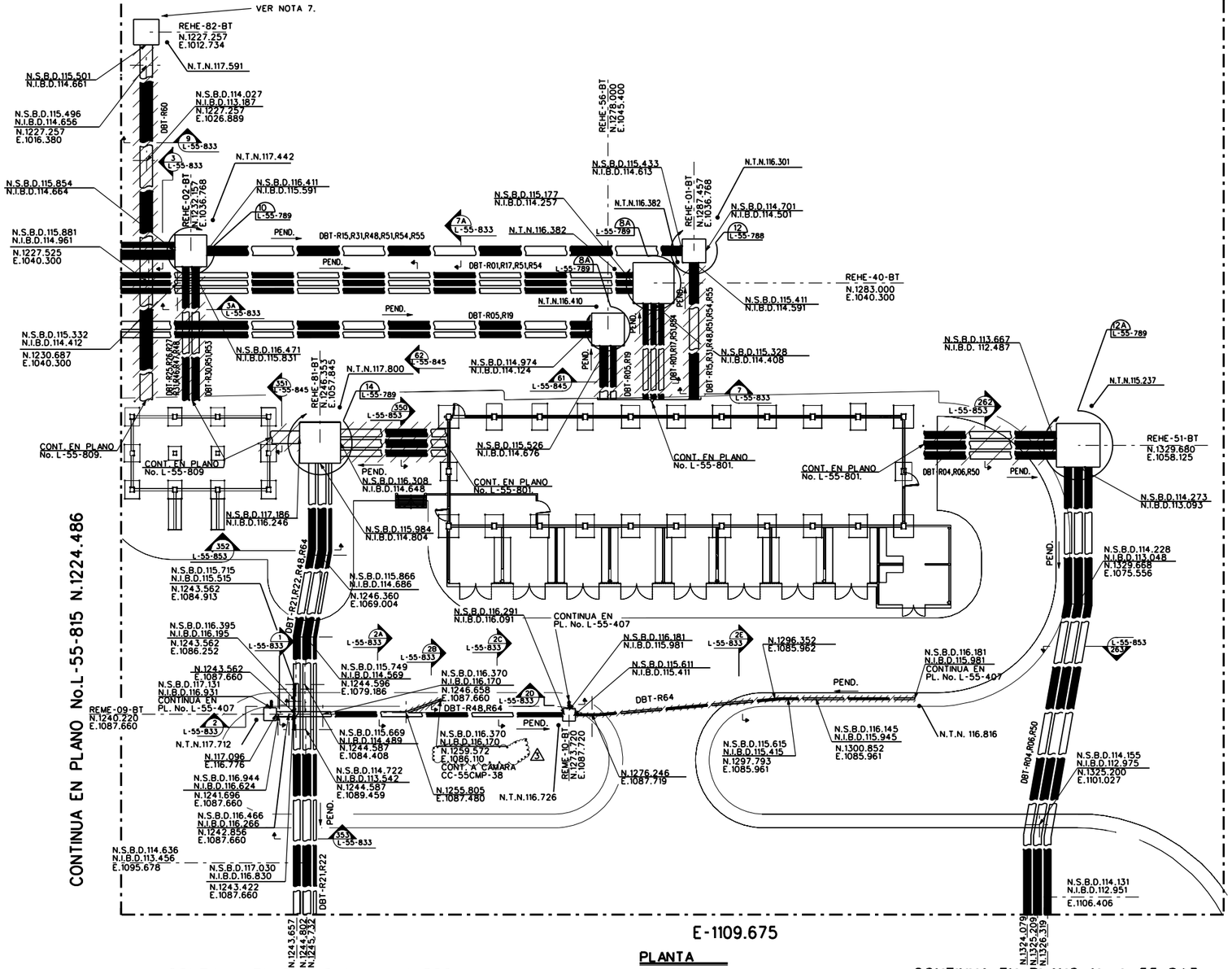
PLANOS DE FUERZA Y CONTROL

REV. 3 | DIBUJO No: L-55-828

LIMITE DE DIBUJO E.1000.174

LIMITE DE DIBUJO N.1345.671

CONTINUA EN PLANO No.L-55-815 N.1224.486

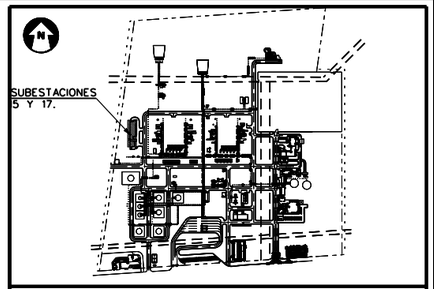


PLANTA

ESC.1:250

CONTINUA EN PLANO No. L-44-800

CONTINUA EN PLANO No. L-55-843



CROQUIS DE LOCALIZACION

NOTAS

1.- VER SIMBOLOGIA Y NOTAS GENERALES EN PLANO No. L-55-888.

2.- VER LISTA DE MATERIALES EN PLANO No. L-55-827

3.- LAS ACOTACIONES ESTAN DADAS EN MILIMETROS Y LOS NIVELES Y COORDENADAS EN METROS.

4.- EL PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCION Y ARMADO DE REGISTROS Y DUCTOS DEBERAN HACERSE DE ACUERDO AL PLANO CIVIL No. E-55-222.

5.- ESTE PLANO SE TRABAJARA EN FORMA CONJUNTA CON LOS PLANOS DE REFERENCIA.

6.- N.S.B.D. NIVEL SUPERIOR DE BANCO DE DUCTO.
N.I.B.D. NIVEL INFERIOR DE BANCO DE DUCTO.
N.P.T. NIVEL DE PISO TERMINADO.
N.T.N. NIVEL DE TERRENO NATURAL.

7.- LA CONTINUACION DEL DUCTO, SERA REALIZADA POR PEMEX (EL PASO).

8.- PARA IDENTIFICACION DE RUTAS, VER PLANO No. L-55-813.

9.- EL REGISTRO REME-09-BT, SERA DE 1000 X 1000 mm. CON UNA PROFUNDIDAD DE 1000 mm. Y EL REME-10-BT, SERA DE 1000 X 1000 mm. CON UNA PROFUNDIDAD DE 1400 mm.

C.P.	FECHA	REVISIONES					NUM.	DIBUJOS DE REFERENCIA
		MCA.	DESCRIPCION	FECHA	POR	Vo.Bo.	L-55-788	DETALLES DE CHAROLAS EN REGISTROS ELECTRICOS.
		0	APROBADO PARA CONSTRUCCION	MAR/05	JOM	RFR	L-55-789	DETALLES DE CHAROLAS EN REGISTROS ELECTRICOS.
		1	DONDE SE INDICA	ABR/05	JOM	RFR	L-55-829	DESARROLLO DE REGISTROS, BAJA TENSION.
		2	REUBICACION DE REGISTRO REHE-82-BT	ABR/05	JOM	RFR	L-55-833	FUERZA Y CONTROL, BAJA TENSION CORTES DE DUCTOS.
		3	CORRECCION DE COORDENADA	AGO/05	JOM	RFR	L-55-845	FUERZA Y CONTROL, BAJA TENSION CORTES DE DUCTOS.
							L-55-853	FUERZA Y CONTROL, BAJA TENSION CORTES DE DUCTOS.

APROBACIONES DE PEMEX	
ING. ESPECIALISTA	FECHA
ING. FERNANDO NAMBO	
SUPERVISION DE INGENIERIA	FECHA
ING. PLINIO MARTINEZ	
DIRECTOR DE PROYECTO	FECHA
ING. LEONARDO CORNEJO	

PEMEX
GAS Y PETROQUIMICA BASICA
DIBUJO ELABORADO EN: MEXICO, D. F.

ICA FLUOR

PROYECTO NO. 70-284

DIBUJO:		NICHOLES VAZ
REVISO:		NICHOLES TGM
SUPERVISOR:		NICHOLES JOM
ING. DE PROYECTO:		NICHOLES MVG
GERENTE DE PROYECTO:		NICHOLES YSR
ESCALA: 1:250	ACOT: mm	

CODIGO DIST:

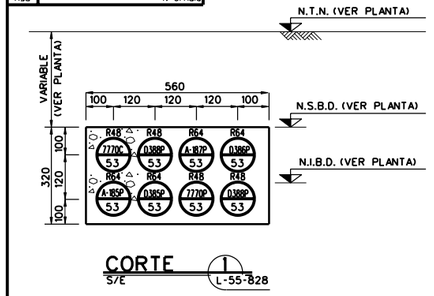
PLANTAS CRIOGENICAS REYNOSA 3 Y 4
FUERZA Y CONTROL
INTEGRACION
BAJA TENSION

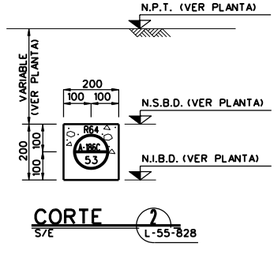
PROYECTO
PEMEX No. E-600-64-03
LOCALIZACION DEL PROYECTO: REYNOSA, TAMPS.

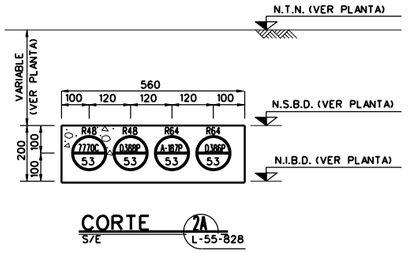
NUMERO DE DIBUJO: L-55-828 | REV. 3

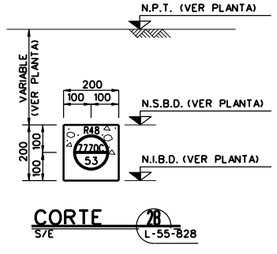
NOMBRE DEL ARCHIVO: L55828.DGN

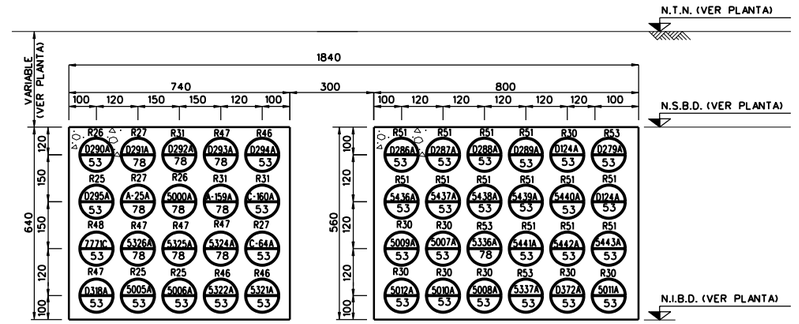
REV.	DIBUJO No:
1	L-55-833

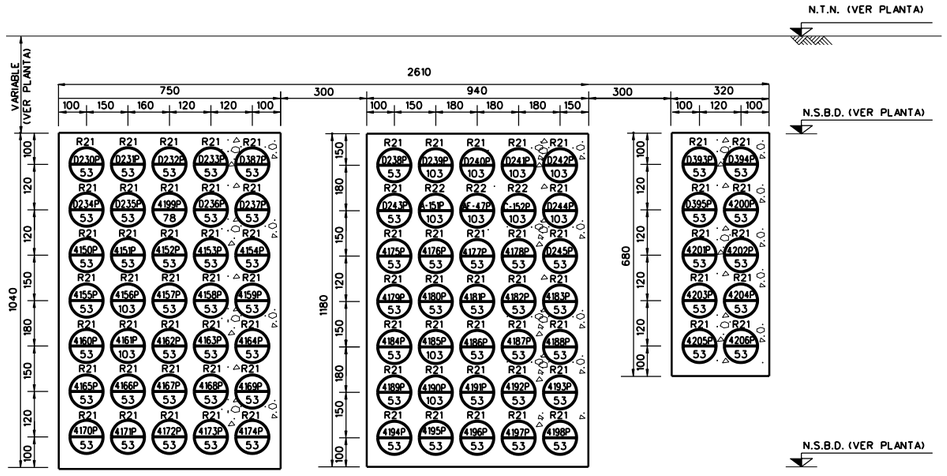


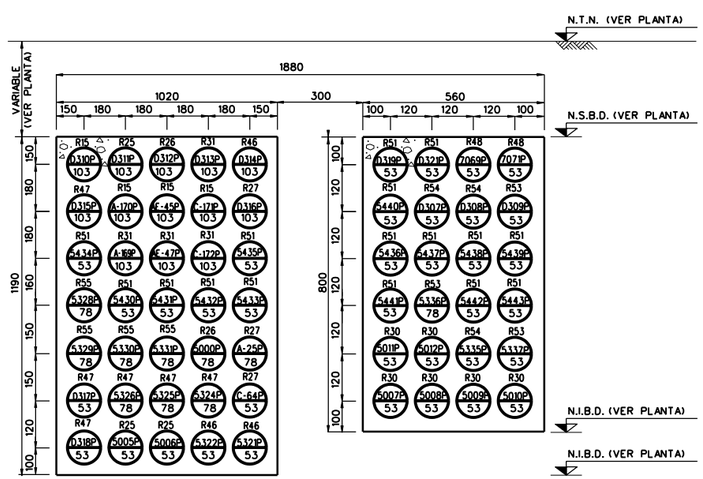


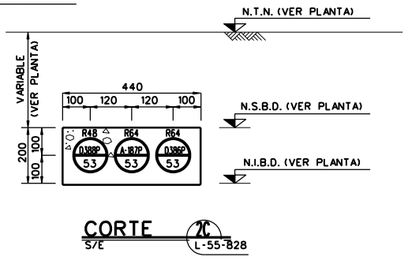


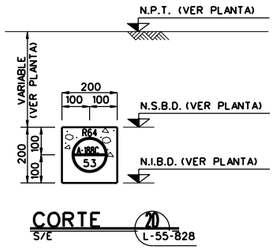


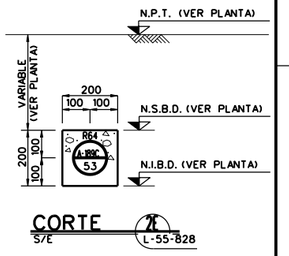


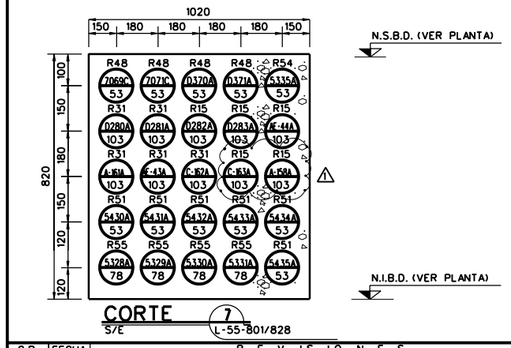


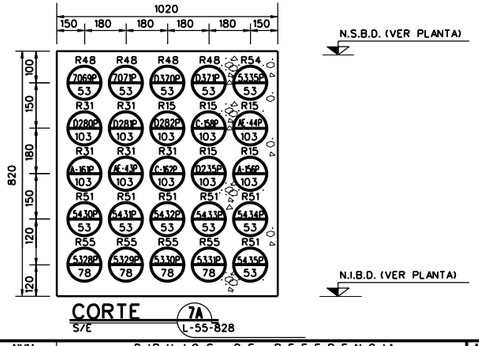


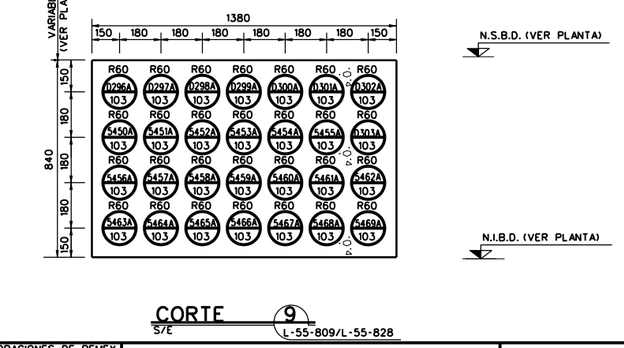












NOTAS:

1.- VER SIMBOLOGIA Y NOTAS GENERALES EN PLANO No. L-55-888.

2.- TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS.

3.- VER PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO Y ARMADO DE DUCTOS DE ACUERDO AL PLANO CIVIL No. E-55-222.

4.- N.S.B.D. NIVEL SUPERIOR DE BANCO DE DUCTO.
N.I.B.D. NIVEL INFERIOR DE BANCO DE DUCTO.
N.P.T. NIVEL DE PISO TERMINADO.
N.T.N. NIVEL DE TERRENO NATURAL.

5.- LAS DIMENSIONES INDICADAS EN ESTE PLANO RIGEN SOBRE LAS INDICADAS EN LOS PLANOS CIVILES.

6.- PARA IDENTIFICACION DE RUTAS, VER PLANO No. L-55-813.

C.P.	FECHA	REVISIONES			
		MCA.	DESCRIPCION	FECHA	POR	Vo.Bo.
		0	APROBADO PARA CONSTRUCCION	MAR/05	JOM	RFR
		1	DONDE SE INDICA	ABR/05	JOM	RFR

NUM.	DIBUJOS DE REFERENCIA
L-55-828	FUERZA Y CONTROL, INTEGRACION BAJA TENSION.

APROBACIONES DE PEMEX	
ING. ESPECIALISTA	FECHA
ING. FERNANDO NAMBO	
SUPERVISION DE INGENERIA	FECHA
ING. PLINO MARTINEZ	
DIRECTOR DE PROYECTO	FECHA
ING. LEONARDO CORNEJO	

PEMEX
GAS Y PETROQUIMICA BASICA
DIBUJO ELABORADO EN: MEXICO, D. F.

ICA FLUOR
PROYECTO NO. 70-284

DIBUJO:		INICIALES: VAZ
REVISO:		INICIALES: FGM
SUPERVISOR:		INICIALES: JOM
ING. DE PROYECTO:		INICIALES: MVG
GERENTE DE PROYECTO:		INICIALES: DRM
ESCALA: 1:1	ACOT: mm	
CODIGO DIST:		

PLANTAS CRIOGENICAS REYNOSA 3 Y 4
FUERZA Y CONTROL
BAJA TENSION
CORTES DE DUCTOS

PROYECTO	NUMERO DE DIBUJO:	REV.
PEMEX No. E-600-64-03	L-55-833	1
LOCALIZACION DEL PROYECTO: REYNOSA, TAMPS.		

NOMBRE DEL ARCHIVO: L558331.DGN

22-Sep-05
3:52 PM

CEDULA DE CABLES

CEDULA DE CABLES
BAJA TENSIÓN
CRIO 3

NO. DE DOCUMENTO
L-33-250

INST/ NO INST	REV	NUMERO CIRCUITO	ORIGEN NO EQUIPO PLANO	ORIGEN KIT CONN DRAWING	ORIGEN DIAG CON	DESTINO NO EQUIPO PLANO	DESTINO KIT CONN/DWG DET INST	DESTINO DIAG CON	CABLE DESCRIPCION	CONTROL STATION VOLTAJE	LONGITUD	CARRETE SYS_SUB	DIAG UNIF/ TABLERO	OBSERVACIONES
☐	1	**F-3MEB2901A-A**	TDB-15-1 BUS "B" TABLERO DE DISTRIB. B. T. L-55-871	N/A		3MEB-2901-A Cond. reflujo desbutaniza. L-33-853	KTC-3C-BT-2		FB-3#2 1/C-3#2+1#4T	480 VCA	398	F1/C-3#2-08	L-33-001	
		RUTA:	.50CH-36", .51CH-24", 33-3151A-R06, 33-3151P-R06, 33-3151C-R06											
☐	1	**C-3MEB2901B-A**	TDB-15-1 BUS "A" TABLERO DE DISTRIB. B. T. L-55-871	N/A		3MEB-2901-B. ESTACION DE BOTONES L-33-853	N/A		CT-7#12 1/C-6#12+1#12-T	120 VCA	413	C1/C-7#12-18	L-33-001	
		RUTA:	.90CH-36", .106CH-6", 33-3153A-R06, 33-3153P-R06, 33-3153C-R06											
☐	1	**F-3MEB2901B-A**	TDB-15-1 BUS "A" TABLERO DE DISTRIB. B. T. L-55-871	N/A		3MEB-2901-B Cond. reflujo desbutaniza. L-33-853	KTC-3C-BT-2		FB-3#2 1/C-3#2+1#4T	480 VCA	413	F1/C-3#2-09	L-33-001	
		RUTA:	.48CH-36", 33-3185A-R06, 33-3185P-R06, 33-3185C-R06											
☐	1	**C-3MEB2901C-A**	TDB-15-1 BUS "B" TABLERO DE DISTRIB. B. T. L-55-871	N/A		3MEB-2901-C. ESTACION DE BOTONES L-33-853	N/A		CT-7#12 1/C-6#12+1#12-T	120 VCA	399	C1/C-7#12-17	L-33-002	
		RUTA:	.90CH-36", .106CH-6", 33-3156A-R06, 33-3156P-R06, 33-3156C-R06											
☐	1	**F-3MEB2901C-A**	TDB-15-1 BUS "B" TABLERO DE DISTRIB. B. T. L-55-871	N/A		3MEB-2901-C Cond. reflujo desbutaniza. L-33-853	KTC-3C-BT-2		FB-3#2 1/C-3#2+1#4T	480 VCA	399	F1/C-3#2-09	L-33-002	
		RUTA:	.50CH-36", .51CH-24", 33-3152A-R06, 33-3152P-R06, 33-3152C-R06											
☐	1	**C-3MEB2901D-A**	TDB-15-1 BUS "A" TABLERO DE DISTRIB. B. T. L-55-871	N/A		3MEB-2901-D. ESTACION DE BOTONES L-33-853	N/A		CT-7#12 1/C-6#12+1#12-T	120 VCA	418	C1/C-7#12-18	L-33-001	
		RUTA:	.90CH-36", .106CH-6", 33-3154A-R06, 33-3154P-R06, 33-3154C-R06											
☐	1	**F-3MEB2901D-A**	TDB-15-1 BUS "A" TABLERO DE DISTRIB. B. T. L-55-871	N/A		3MEB-2901-D Cond. reflujo desbutaniza. L-33-853	KTC-3C-BT-2		FB-3#2 1/C-3#2+1#4T	480 VCA	418	F1/C-3#2-10	L-33-001	
		RUTA:	.50CH-36", .51CH-24", 33-3150A-R06, 33-3150P-R06, 33-3150C-R06											
☐	1	**C-3MEB2902A-A**	TDB-15-1 BUS "A" TABLERO DE DISTRIB. B. T. L-55-871	N/A		3MEB-2902-A. ESTACION DE BOTONES L-33-853	N/A		CT-7#12 1/C-6#12+1#12-T	120 VCA	397	C1/C-7#12-19	L-33-002	
		RUTA:	.90CH-36", .106CH-6", 33-3164A-R06, 33-3164P-R06, 33-3164C-R06											
☐	1	**F-3MEB2902A-A**	TDB-15-1 BUS "A" TABLERO DE DISTRIB. B. T. L-55-871	N/A		3MEB-2902-A Enfriador de Nafta Ligera L-33-853	KTC-3C-BT-1/0		FB-1/0 1/C-1/0A	480 VCA	397	F1/C-1/0A-05	L-33-002	FASE A
		RUTA:	.50CH-36", .51CH-24", 33-3163A-R06, 33-3163P-R06, 33-3163C-R06											
☐	1	**F-3MEB2902A-A**	TDB-15-1 BUS "A" TABLERO DE DISTRIB. B. T. L-55-871	N/A		3MEB-2902-A Enfriador de Nafta Ligera L-33-853	INCLUIDA EN FASE "A"		FB-1/0 1/C-1/0B	480 VCA	397	F1/C-1/0B-05	L-33-002	FASE B
		RUTA:	.50CH-36", .51CH-24", 33-3163A-R06, 33-3163P-R06, 33-3163C-R06											
☐	1	**F-3MEB2902A-A**	TDB-15-1 BUS "A" TABLERO DE DISTRIB. B. T. L-55-871	N/A		3MEB-2902-A Enfriador de Nafta Ligera L-33-853	INCLUIDA EN FASE "A"		FB-1/0 1/C-1/0C	480 VCA	397	F1/C-1/0C-05	L-33-002	FASE C
		RUTA:	.50CH-36", .51CH-24", 33-3163A-R06, 33-3163P-R06, 33-3163C-R06											
☐	1	**T-3MEB2902A-A**	TDB-15-1 BUS "A" TABLERO DE DISTRIB. B. T. L-55-871	N/A		3MEB-2902-A Enfriador de Nafta Ligera L-33-853	INCLUIDA EN FASE "A"		TF-6 1/C-6T	480 VCA	397	T1/C#6-06	L-33-002	TIERRA
		RUTA:	.50CH-36", .51CH-24", 33-3163A-R06, 33-3163P-R06, 33-3163C-R06											

GLOSARIO

ANCE:	Asociación de Normalización y Certificación Eléctrica
ANSI:	American National Standards Institute.
AWG:	American Wire Gauge
CCM:	Centro de Control de Motores.
CFE:	Comisión Federal de Electricidad
CPGB:	Complejo Procesador de Gas Burgos
DCS (SCD):	Distribution Control System (Sistema de Control Distribuido)
DTI:	Instrumentation and Tubbing Diagram
EMI:	Interferencia Electromagnética
IEEE:	Institute of Electric and Electronic Engineers
NEMA:	National Electrical Manufacturers Association.
NFPA:	National Fire Protection Association.
NOM:	Norma Oficial Mexicana.
NRF:	Norma de referencia de PEMEX.
PEMEX:	Petróleos Mexicanos.
PLC:	Programmed Logic Controller
RTD:	Detector térmico por resistencia.
SCADA:	Sistema de Control y Adquisición de Datos.
SCI:	Sistema Contra Incendio.
Simbología ANSI:	Símbolos de uso general en la industria eléctrica. Basados en la norma ANSI e IEEE 32.2 1970 (IEEE No. 315 Mar 1971)
SIS:	Sistema Instrumentado de de Seguridad.
TG	Turbogenerador, en el texto se denominan como TG-1 Y TG-2.
TVSS:	Supresor de sobrevoltajes transitorios.
UVIE:	Unidad Verificadora de Instalaciones Eléctricas.

BIBLIOGRAFÍA.

API-RP-500	Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities Classified as Class 1, Division 1 and Division 2
BE1-02-01	Procedimiento Diagramas Elementales y Elaboración de Planos
Contrato PG-OP-A-019-04P	Contrato de Obra Pública, PEMEX-ICA FLUOR-LINDE
Encarta	Enciclopédia Microsoft Encarta 2000
ESP-L-7500-P34	Especificación Eléctrica, Sistema General de Tierras y Pararrayos
ESP-L-7800-P34	Especificación Eléctrica, Sistema General de Alumbrado
IEEE 80	IEEE Guide for Safety in AC Substation Grounding
IEEE Std. 141-1993	Recommended Practice for Electric Power Distribution for Industrial Plants
IEEE Std. 399-1997.	Recommended Practice for Industrial and Commercial Power System Analysis
Manual Técnico de Cables de Energía	CONDUMEX, Cables
NEC 2002	National Electrical Code, 2002
NFPA-70	Edición del “National Electrical Code”
NFPA-780	Standard for the Installation of Lightning Protection Systems
NRF-036-2003	Clasificación de áreas Peligrosas y Selección de Equipo Eléctrico
NOM-001-SEDE-1999	Norma Oficial Mexicana, 1999.
PGPB-BD-L-01P34	Criterios Particulares de Diseño Instalaciones Eléctricas

Páginas Electrónicas:

http://www.imp.mx/	Instituto Mexicano del Petróleo
http://www.pemex.com/	Petróleos Mexicanos
http://www.condumex.com.mx	Grupo Condumex