

# **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**



## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**LA IMPORTANCIA DEL EJERCICIO DE LA INGENIERÍA CIVIL EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL SUPERVISORIO Y ADQUISICIÓN DE DATOS (SCADA) PARA LA RED NACIONAL DE GASODUCTOS Y LPG DUCTOS DE PEMEX GAS Y PETROQUÍMICA BÁSICA**

TRABAJO ESCRITO QUE PRESENTAN DENTRO DEL PROGRAMA “EJERCICIO PROFESIONAL COMO PASANTE” PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL:

**ALEJANDRO BAUTISTA HERNÁNDEZ  
MELITON GONZÁLEZ RÍOS**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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.



FACULTAD DE INGENIERIA  
DIVISIÓN DE INGENIERÍAS CIVIL  
Y GEOMÁTICA

OFICIO FING/DICYG/SEAC/UTIT/122/03

ASUNTO: Solicitud de Jurado para  
Examen Profesional

M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO  
DIRECTOR DE LA FACULTAD DE  
INGENIERÍA DE LA UNAM  
Presente

Los señores Alejandro Bautista Hernández y Melitón González Ríos, registrados en esta facultad con los números de cuenta 8834583-6 y 8841486-5, en la carrera de **INGENIERO CIVIL**, quienes han cubierto los requisitos académicos necesarios para realizar sus trámites de Examen Profesional, le solicitan atentamente autorice el siguiente jurado:

ASIGNACIÓN:	NOMBRE:	R.F.C.
PRESIDENTE:	M.I. MIGUEL A. RODRÍGUEZ VEGA	ROVM-591030
VOCAL:	M.I. GABRIEL MORENO PECERO	MOPG-360317
SECRETARIO:	ING. MARCOS TREJO HERNÁNDEZ	TEHM-600926
1er. SUPLENTE:	M.I. ENRIQUE CÉSAR VÁLDEZ	CEVE-630715
2do. SUPLENTE:	ING. JOSÉ ARTURO REYNA GALINDO	REGA-670630

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cd. Universitaria a 3 de febrero del 2006  
EL JEFE DE LA DIVISIÓN

DR. ALBERTO JAIME P.

AJPMTH\*orc

ENTERADOS

SRS. ALEJANDRO BAUTISTA HERNÁNDEZ  
MELITÓN GONZÁLEZ RÍOS

EP-4



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA  
DIRECCIÓN  
FING/DCTG/SEAC/UTIT/122/03

Señores  
MELITÓN GONZÁLEZ RÍOS  
ALEJANDRO BAUTISTA HERNANDEZ  
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacerles de su conocimiento el tema que propuso el profesor M.I. GABRIEL MORENO PECERO, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrollen ustedes como tesis de su examen profesional de INGENIERO CIVIL.

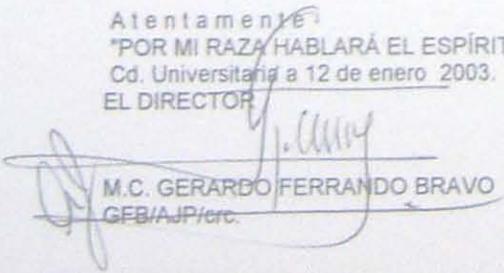
**"LA IMPORTANCIA DEL EJERCICIO DE LA INGENIERÍA CIVIL EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL SUPERVISORIO Y ADQUISICIÓN DE DATOS (SCADA) PARA LA RED NACIONAL DE GASODUCTOS Y LPG DUCTOS DE PEMEX GAS Y PETROQUÍMICA BÁSICA"**

- INTRODUCCIÓN
- I DESCRIPCIÓN DEL GAS NATURAL Y GAS LP EN MÉXICO DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA INGENIERÍA CIVIL
  - II LA INGENIERÍA CIVIL EN LA PROBLEMÁTICA DEL GAS NATURAL Y GAS LP EN MÉXICO
  - III PROCESO DE INTEGRACIÓN DEL SISTEMA SCADA Y LA PARTICIPACIÓN DE LA INGENIERÍA CIVIL
  - IV LA INGENIERÍA CIVIL COMO PARTE DE LA INTEGRACIÓN Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE CONTROL SUPERVISORIO Y ADQUISICIÓN DE DATOS (SCADA), ALCANCES
  - V LA INGENIERÍA CIVIL EN LA ORGANIZACIÓN DE OBRA PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO SCADA
  - VI LA INTERVENCIÓN DE LA INGENIERÍA CIVIL EN LA TOMA DE DECISIONES DURANTE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA
  - VII ANEXO FOTOGRÁFICO
  - VIII CONCLUSIONES

Ruego a ustedes cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo les recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberán prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cd. Universitaria a 12 de enero 2003.  
EL DIRECTOR

  
M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO  
GFB/AJP/crc.

## **AGRADECIMIENTOS**

**A la Universidad Nacional Autónoma de México**, mi alma máter, mi más profundo agradecimiento por brindarme la oportunidad de formarme dentro de sus aulas.

**A la Facultad de Ingeniería**, mi eterno agradecimiento por los conocimientos adquiridos durante mi estancia, sin los cuales mi vida, sería otra.

**A todos y cada uno de mis profesores**, quienes compartieron sus amplios conocimientos durante mi formación, mi más sincero, profundo y eterno agradecimiento.

**Al profesor MI Gabriel Moreno Pecero**, por sus conocimientos, guía y sobre todo paciencia en la ejecución de éste escrito.

**A mis sinodales**, quienes aceptaron formar parte de éste trabajo por su tiempo y dedicación.

Alejandro Bautista Hernández  
Melitón González Ríos

## **AGRADECIMIENTOS**

**A mis Padres,**

**A mi Madre en especial,** mi más sincero respeto y admiración por tener la sabiduría de guiarme durante mi formación.

**A mis hermanos (as),** Jorge Enrique, Patricia, Arturo René, Leticia Olivia, Javier Roberto, por guiarme y ser ejemplo de superación.

**A mi esposa,** por compartir su tiempo conmigo y ser mi soporte y motivo.

Alejandro Bautista Hernández

## **AGRADECIMIENTOS**

**A mis Padres**, Celia y Justino Valeriano, mi agradecimiento por la atención que ambos prestaron a mi preparación, por su compañía en todos los momentos difíciles y por sus sabios consejos, los amo.

**A mis hermanos (as)**, María Félix, Guillermo (+), Norma, Jorge y Celia, por darme ese espacio y tiempo de sus vidas y darme sus ejemplos a seguir.  
Guillermo (+) fuiste, eres y serás un gran pilar en mi vida.

**A mi esposa**, por tu guía y fuerza para concretar lo que empecé.

**A mis hijas**, Guillermina, Belem y Guibeau, son mi motivo, mi energía, mi todo, para seguir adelante.

Melitón González Ríos

## INDICE

INTRODUCCIÓN.....	3
1 ASPECTOS FUNDAMENTALES DEL GAS NATURAL Y GAS LP DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA INGENIERÍA CIVIL.....	6
1.1 Historia y definiciones.....	6
1.2 Obtención.....	8
1.3 Usos principales.....	9
1.4 Ventajas ambientales y económicas.....	11
1.4.1 Riesgos del gas natural y del gas LP.....	14
1.5 Transportación.....	15
1.6 Distribución.....	16
1.7 Reservas.....	18
2 LA INGENIERÍA CIVIL EN LA PROBLEMÁTICA DEL GAS NATURAL Y EL GAS LP EN MÉXICO.....	20
2.1 Robo de producto.....	20
2.2 Medición del flujo.....	20
2.3 Distribución.....	20
2.4 Control del producto durante su transporte.....	21
2.5 Posibles soluciones al reto planteado.....	21
2.5.1 Sistema tradicional.....	22
2.5.2 Sistema scada.....	22
3 PROCESO DE INTEGRACIÓN DEL SISTEMA SCADA Y LA PARTICIPACIÓN DE LA INGENIERÍA CIVIL.....	23
3.1 Objetivos del sistema SCADA.....	23
3.2 Fases del sistema SCADA aplicado a PEMEX Gas y Petroquímica Básica.....	23
3.3 Transmisión de la información.....	23
3.4 Cuarto de Control Principal (CCP).....	23
3.5 Recepción de información en CCP.....	24
3.6 Toma de decisiones y acciones correctivas.....	24
3.7 Impacto ambiental.....	24
4 LA INGENIERÍA CIVIL COMO PARTE DE LA INTEGRACIÓN Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE CONTROL SUPERVISORIO Y ADQUISICIÓN DE DATOS (SCADA) ALCANCES.....	25
4.1 Problemática de los sectores.....	26
4.2 Implementación del sistema scada.....	27
4.2.1 Diagnostico.....	27
4.3 Fase de plantación del proyecto.....	28
4.3.1 Proyecto preliminar.....	28
4.3.2 Ajuste y negociación del proyecto definitivo.....	29
4.3.3 Reajuste del proyecto definitivo.....	29
4.4 Diagrama de flujo del proceso de implementación del sistema SCADA en la red nacional de gasoductos.....	31
4.5 Diagrama de flujo del proceso de implementación del sistema SCADA en una estación de regulación tipo.....	32
4.6 Diseño estructural de la caseta prefabricada de instrumentos.....	33

4.6.1	Determinación del peralte mínimo de la losa (techo) .....	33
4.6.2	Cálculo del momento flexionante.....	34
4.6.3	Determinación del refuerzo.....	35
4.7	Diseño estructural de cimentación para base de mástil de telecomunicaciones.....	37
4.7.1	Determinación de la velocidad de diseño, VD.....	37
4.7.2	Determinación de la presión de diseño, pz. ....	41
4.7.3	Determinación del cortante total actuante en la base de la estructura.....	42
4.7.4	Momento actuante.....	43
5	LA INGENIERÍA CIVIL EN LA ORGANIZACIÓN DE OBRA PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO DEL SISTEMA DE CONTROL SUPERVISORIO Y ADQUISICIÓN DE DATOS (SCADA). ....	48
5.1	Programación de obra para una estación tipo.....	48
5.1.1	Programa de suministro de materiales.....	49
5.1.2	Programa de mano de obra.....	49
5.1.3	Programa de mano de obra (personal técnico) .....	49
5.2	Ejecución de los trabajos en una estación tipo.....	50
5.2.1	Trazo de excavación para canalización subterránea de señales eléctricas e hidráulicas. ....	50
5.2.2	Tipos de soportería para tuberías conduit y tubing.....	50
5.2.3	Diseño de concreto para reparación de pisos en estación tipo.....	50
5.2.4	Preparación para el montaje de la caseta prefabricada.....	54
5.2.5	Diseño de cimentación de mástil para pararrayos.....	55
5.2.6	Programación de obra en sure trak project manager (ejemplo).....	55
5.3	Procedimiento de excavación.....	57
5.3.1	Introducción.....	57
5.3.2	Objetivo.....	57
5.3.3	Alcance.....	58
5.3.4	Diagrama de flujo.....	58
5.3.5	Desarrollo de procedimiento.....	60
5.3.6	Siglas.....	63
5.3.7	Documentos de referencia. ....	64
5.3.8	Definiciones relevantes.....	65
5.3.9	Formatos de procedimientos usados en PEMEX.....	68
6	LA INTERVENCIÓN DE LA INGENIERÍA CIVIL EN LA TOMA DE DECISIONES DURANTE LA EJECUCIÓN DE OBRA.....	72
6.1	Colocación de grúa para montaje de actuadores.....	72
6.2	Localización de tubería de “proceso” en estación.....	73
6.3	Piezas defectuosas de los actuadores.....	73
6.4	Montaje de casetas prefabricadas.....	73
7	ANEXO FOTOGRÁFICO.....	74
8	CONCLUSIONES.....	82

## **INTRODUCCIÓN**

El objetivo del presente trabajo escrito, es plasmar las memorias de nuestro ejercicio profesional como pasantes de Ingeniería Civil que desarrollamos en el proyecto Sistema de Control Supervisorio y Adquisición de Datos (SCADA) para la Red Nacional de Gasoductos y LPG ductos de PEMEX Gas y Petroquímica Básica (PGPB).

El desarrollo de Petróleos Mexicanos (PEMEX) ha sido fundamental a lo largo de la historia de México pues aporta gran parte de los recursos económicos al país, sin embargo, existen rubros en los cuales se necesita de aplicación de mejoras en el control de la calidad y administración de ellos. Asimismo PGPB ocupa una posición estratégica, al tener la responsabilidad del procesamiento del gas natural y gas licuado de petróleo (LP), así como del transporte, comercialización y almacenamiento de sus productos. Ahora PGPB tiene la responsabilidad de realizar mejoras en sus instalaciones como una medida dentro de sus políticas de calidad ISO 9000.

Un aspecto interesante de participar como Ingeniero Civil en proyectos de la industria en este caso petrolera, es la aplicación interdisciplinaria, ya que se trabajó con profesionales de otras ramas de Ingeniería, como son mecánica, eléctrica, instrumentación, industrial; **pero el trabajo prioritario de logística, organización, decisión, y sobre todo la ejecución estuvo a cargo de ingenieros civiles**, por lo que se denota la importancia que tiene esta profesión dentro de la implantación de modelos de sistemas de control en la industria.

La formación que recibimos durante nuestra estancia como alumnos en la Facultad de Ingeniería, fue fundamental para nuestra participación en el proyecto, ya que con el apoyo de los conocimientos adquiridos, se logró una comprensión e interpretación del proyecto de manera que éste se realizó cumpliendo con lo concebido, así por ejemplo, la presión y la temperatura de los gases establecidas, para manejo; la protección de los ductos contra la oxidación mediante el método de tratamiento catódico, fueron conceptos manejados de manera familiar por los suscritos.

Para entender la gran magnitud del proyecto, es necesario explicar que en todo el país, se cuenta actualmente con 3,000 Km. de ductos para transporte y distribución en diámetros comprendidos entre 4" y 24", para los cuales existen 452 estaciones de regulación: 350 correspondientes a gas natural y 102 a gas licuado de petróleo (LP), por lo anterior, se

necesitaba de una **planeación estratégica**, para el envío de materiales y ejecución de los trabajos en las diferentes estaciones, razón por la cual nuestra participación como ingenieros civiles fue de suma importancia; posteriormente, debido a los resultados obtenidos, los directivos de la empresa decidieron nombrarnos directores en la ejecución de los trabajos en los sectores de Guadalajara correspondiente a Gas LP y Venta de Carpio en Gas natural con lo que quedó a cargo de ingenieros civiles la coordinación y planeación de la **ejecución de la obra**.

Con el propósito de entender los parámetros manejados en Petróleos Mexicanos (PEMEX) se describen en el capítulo uno, los conceptos fundamentales del Gas Natural y Gas Licuado de Petróleo (LP), su historia, obtención, composición, usos y ventajas frente a otros combustibles **desde el punto de vista de la Ingeniería Civil**.

Una vez entendidos los principales términos, se procede a estudiar la situación actual y su problemática en el transporte y distribución del Gas Natural y el Gas LP, ya que mediante su análisis se presentan las posibles **alternativas de solución a dicha problemática**, describiendo las posibles ventajas con una mejora en las instalaciones de control, todo ello con la **participación de la Ingeniería Civil**, esto se describe en el capítulo dos.

La descripción detallada de la solución más viable a la problemática, objeto del presente trabajo, su funcionamiento y fases de operación así como su impacto ambiental, se describe en el capítulo tres.

Los antecedentes de la licitación pública, así como la secuencia de implementación y la **participación de la Ingeniería Civil** en el desarrollo del proyecto ejecutivo, se anotan en el capítulo cuatro, en el se presenta tal secuencia mediante un diagrama de flujo para su mejor comprensión. Cabe mencionar que la participación de los suscritos es a partir de esta fase ya que el concurso incluye el proyecto ejecutivo una vez conocido el fallo de la licitación.

**La importancia de la Ingeniería Civil** en proyectos en los que participan otras ramas de la Ingeniería como son la mecánica y la eléctrica se aprecia al describir los trabajos

necesarios para la ejecución de la obra así como la fase de planeación, esto se muestra en el capítulo cinco,

Un aspecto fundamental que nos otorga la Facultad de Ingeniería en nuestra formación es la toma de decisiones para resolver los problemas que se presentan durante la ejecución de la obra; en el capítulo seis se describen algunas de las experiencias mas importantes durante nuestra participación.

Con una visión cierta y objetiva los suscritos plasman en esta memoria **el papel importante de la Ingeniería Civil en el proyecto del Sistema de Control Supervisorio y adquisición de Datos para la Red Nacional de Gasoductos y LPG Ductos de PEMEX Gas y Petroquímica Básica, lo que se anota en las conclusiones.**

La Ingeniería Civil, a lo largo de los años, ha sido partícipe en proyectos en donde intervienen varias ramas de la ingeniería, pero es apreciación de los suscritos, que ella no ha sido valorada en su justa importancia, como tampoco lo ha sido en la planeación estratégica; ahora con los resultados positivos obtenidos por la forma en que se actuó en este proyecto, **se ha abierto un nuevo campo de aplicación de la Ingeniería Civil.**

## **1 ASPECTOS FUNDAMENTALES DEL GAS NATURAL Y GAS LP DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA INGENIERÍA CIVIL**

### **1.1 Historia y definiciones.**

Después de la Segunda Guerra Mundial, el petróleo se convirtió en la principal fuente energética. De la mano de éste apareció el gas que, hoy día, es absolutamente indispensable en todas las actividades del hogar: cocinar, disponer de agua caliente y calentar la casa en los días de frío, entre otras muchas cosas.

En la actualidad, en un gran número de las ciudades del mundo, estas necesidades se satisfacen a través de dos alternativas: gas natural o gas licuado de petróleo (LP)

El gas natural ha sido el combustible que frente a otros combustibles fósiles ha presentado el crecimiento más rápido en el consumo mundial. Durante los últimos diez años, el consumo de energía primaria en el mundo se ha transformado de tal manera que, las diversas formas de energía primaria han modificado su participación. Por razones de Ingeniería ambiental principalmente, se ha disminuido el uso de combustibles como el carbón y el combustóleo ya que la emisión de contaminantes por su combustión, es muy alta y se ha favorecido gradualmente el consumo de combustibles mucho más limpios.

El gas LP ha incrementado su uso sobre todo para carburación de automóviles, de ahí la importancia de su mejora en el control, ya que se ha promovido su uso para disminuir los efectos de contaminación del diesel y la gasolina. Además es el combustible primordial en los hogares mexicanos, lo que sitúa al mercado de gas LP en México como uno de los más grandes del mundo.

Debido a que el Ingeniero Civil debe tener conocimientos de algunos productos que al paso del tiempo han aparecido y los cuales maneja PEMEX, a continuación se redacta las definiciones de alguno de ellos.

**Gas natural.-** Es una mezcla de hidrocarburos constituida principalmente por metano ( $\text{CH}_4$ ) en un 95% o más y el 5% restante de una mezcla de etano  $\text{C}_2\text{H}_6$ , propano  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$  y otros componentes más pesados, que se encuentra en los yacimientos, en

solución o en fase gaseosa con el crudo, o bien en yacimientos que no contienen aceite. Como medida de seguridad, en la regulación se estipula que los distribuidores deberán adicionar un odorizante al gas natural para que se pueda percibir su presencia en caso de posibles fugas durante su manejo y distribución al consumidor final.

**Gas LP.-** Abreviatura de Gas Licuado del Petróleo, es un combustible integrado por una mezcla esencialmente de propano ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_3$ ) y butano ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ), cuya composición típica es alrededor de 61% y 39%, respectivamente. El gas LP se encuentra en estado gaseoso a condiciones normales, sin embargo, para facilitar su almacenamiento y transporte, se licua y se maneja bajo presión para mantenerlo en estado líquido. Cabe señalar que, dependiendo del país, se puede aplicar el mismo término a productos diferentes, por ejemplo en Estados Unidos y Canadá, se conoce como gas LP al combustible constituido por propano en prácticamente un 100%, con la presencia de otros componentes en porcentajes mínimos, los cuales se consideran de alto valor, por lo que se separan de la corriente de líquidos y se emplean como materia prima para sintetizar componentes de alto octano que se usan en la formulación de gasolinas.

## **1.2 Obtención.**

**Gas Natural.-** Se encuentra generalmente en depósitos subterráneos profundos formados por roca porosa o en los domos de los depósitos naturales de petróleo crudo, por lo que se extrae por medio de bombas de aspiración.

### **Tipos de gas natural**

Por su origen:

**Gas natural asociado:** Se encuentra en contacto y/o disuelto en el aceite crudo del yacimiento. Este puede ser clasificado como gas de casquete (libre) o gas en solución (disuelto).

**Gas natural no asociado:** Gas natural extraído de yacimientos que no contienen petróleo crudo.

Por su composición:

**Gas natural amargo:** Contiene azufre, compuestos de azufre y/o bióxido de carbono, en cantidades que requieren tratamiento para que pueda ser utilizado.

**Gas natural dulce:** No contiene azufre o compuestos de azufre, o los tiene en cantidades tan pequeñas que no es necesario procesarlo para que pueda ser utilizado directamente como combustible no corrosivo.

**Gas seco:** Gas cuyo contenido en metano puede variar en volumen de 95 a 99%.

**Gas LP.-** Se obtiene de la destilación del petróleo y del tratamiento del gas natural. En la primera etapa del tratamiento del gas natural, el flujo pasa a una planta endulzadora, donde se elimina el azufre, enseguida se alimenta a una planta criogénica, en la cual mediante enfriamiento y expansiones sucesivas se obtienen dos corrientes, una gaseosa básicamente formada por metano (gas residual) y la otra líquida (licuables). En un proceso posterior de fraccionamiento, la fase líquida se separa en diversos componentes: etano, gas LP y gasolinas naturales.

### **1.3 Usos principales.**

**Gas Natural.-** Una de las primeras aplicaciones del gas natural ha sido en la producción de vapor, sustituyendo o complementando, en instalaciones mixtas, la acción de los combustibles sólidos y líquidos. En cuanto a las aplicaciones en la industria:

Cerámica: debido al menor contenido de contaminantes y al poder calorífico de los combustibles gaseosos, es posible efectuar el calentamiento directo del producto, lo que permite obtener un grado de combustión elevado y construir hornos más pequeños.

Industria textil: se utiliza para el acabado de las fibras, este proceso requiere mantener una presión constante del gas natural.

Industria química: se considera como una de las materias primas básicas para las síntesis químicas industriales más importantes.

Industria del cemento: consume una considerable cantidad de energía térmica, representando el combustible entre un 25 y un 40% del costo total del producto.

Doméstico: más recientemente su uso ha sido destinado a la cocción de alimentos y calentamiento de agua.

**Gas LP.-** Su uso es principalmente:

Doméstico.- Para la cocción de alimentos, el calentamiento del agua, calefacción, refrigeración, secadores, incineración y alumbrado. En el Valle de México el gas LP se vende a razón de 9.90 pesos el kilo es decir 5.10 pesos el litro pero prácticamente el 40 por ciento de su costo lo constituyen impuestos. Por los altos volúmenes de crudo que se exportan y las insuficiencias de las refinerías tenemos que importar casi la tercera parte del consumo, más de 100 mil barriles al día, sobre todo en invierno.

Comercial: Son los mismos usos que los anotados en domésticos pero en mayor escala, como en el caso de hoteles, restaurantes, hospitales, etc.

Industrial.- Prácticamente en cualquier equipo que requiera un combustible limpio y controlable fácilmente: hornos para tratamiento de metales, vidrio, cerámica, etc.; planchado de ropa, purificación de grasas, endurecimiento de metales, tratamientos térmicos, pasteurización, corte de metales, etc.

Agrícola.- Para secar alfalfa, heno y semillas; destrucción de malas hierbas por medio del fuego; para curar el tabaco; para motores de maquinaria agrícola.

Automotriz.- Como combustible para motores de combustión interna, automóviles y camiones, que es el rubro que más ha tenido crecimiento en los últimos años

Otros.- Como materia prima para fabricar plásticos, hule sintético, productos químicos, etc.

#### **1.4 Ventajas ambientales y económicas.**

**Gas natural.-** Tiene un rango de inflamabilidad muy limitado, en concentraciones en el aire por debajo del 5 por ciento y por arriba de aproximadamente el 20 por ciento no se encenderá. Además la temperatura de ignición alta y el rango de inflamabilidad limitado reducen la posibilidad de un incendio o explosión accidental

Debido a que el gas natural no tiene un olor propio, se le agregan odorantes químicos como el mercaptano (Hidrocarburo obtenido también del petróleo) para que pueda detectarse en caso de fuga a razón de 1ℓ de mercaptano por cada 10000 ℓ de gas, con esto el olfato humano medio, lo detectará antes del 5 % de concentración del aire.

Algunas tuberías, sobre todo las que no tengan cierta flexibilidad, podrían fracturarse, sin embargo, cerrando las válvulas y el suministro de gas, pueden iniciarse las labores de reparación y rescate casi inmediatamente debido a que, al ser el gas más ligero que el aire se disipa rápidamente en la atmósfera.

Considerando las propiedades físico-químicas del gas natural, las ventajas más importantes en cuanto a su uso son las siguientes:

- Es un combustible relativamente barato.
- Presenta una combustión completa y limpia, la cual prácticamente no emite bióxido de azufre.
- Seguridad en la operación, debido a que en caso de fugas, al ser más ligero que el aire, se disipa rápidamente en la atmósfera. Únicamente, se requiere buena ventilación.
- Promueve una mayor eficiencia térmica en plantas de ciclo combinado para generación de electricidad.

La combustión del gas natural prácticamente no genera emisiones de bióxido de azufre, el cual causa la lluvia ácida o de partículas que son carcinogénicas. Asimismo, el gas natural emite cantidades mucho menores de monóxido de carbono, hidrocarburos reactivos, óxidos de nitrógeno y bióxido de carbono, que otros combustibles fósiles.

Una manera en la que el gas natural puede contribuir significativamente al mejoramiento de la calidad del aire es en el transporte. Por ejemplo, los vehículos que funcionan con gas natural pueden reducir las emisiones de monóxido de carbono e hidrocarburos reactivos hasta en un 90 por ciento, en comparación con los vehículos ó camiones que utilizan gasolina.

Otra manera de mejorar el medio ambiente es usar más gas natural para la generación de electricidad reemplazando al carbón o petróleo. Nuevas tecnologías de gas natural, como sistemas de ciclo combinado de alta eficiencia, aumentan el rendimiento de la energía y simultáneamente reducen la contaminación.

Gas LP.- Es catalogado como cualquier otro combustible; si se le maneja adecuadamente es un combustible muy seguro. Por tal motivo los productos que están en contacto con el gas LP tienen la obligación, por ley, de cumplir con las Normas Oficiales Mexicanas respectivas.

Entre los combustibles alternos en el mercado mundial, el propano cumple con tres características importantes: es económico, ecológico y seguro, esto lo ubica como el combustible alternativo más exitoso del mundo.

Todos estos usuarios se benefician al obtener una mayor productividad en sus vehículos y ahorrar cantidades importantes en la operación de sus flotillas, ya que el propano tiene un precio mucho menor que el de las gasolinas.

El uso de Gas LP para Carburación da una reducción del 95 % en emisión de partículas de Benceno ( $C_6H_6$ ), comparado con la Gasolina.

El Gas LP para Carburación se quema de manera más limpia que la Gasolina y el Diesel, el Gas produce un 90% menos de partículas, en la tabla 1.4a se muestra una comparación de la emisión de partículas de diesel y gasolina contra el gas LP y gas natural.

Emisión de Partículas Relativas a:	Gas LP	Gas Natural
Diesel	Mucho menor	Mucho menor
Gasolina	Menor	Menor

Figura 1.4a

Aun cuando el Gas lp tiene una densidad mayor que la del aire, lo cual representaría un peligro, si se cuenta con una buena ventilación, se evapora rápidamente, no presenta un problema ambiental de tiempo prolongado, y no representa un peligro para los mantos acuíferos subterráneos debido a su evaporación.

Dependiendo del año y del tipo de vehículo, se ha logrado abatir la contaminación hasta en un 90%.

Esta misma situación se puede advertir en el caso de las emisiones contaminantes medidas en camiones Kodiak, de General Motors, los cuales se producen en México con motores a gasolina y a propano, en cuyo caso la gráfica comparativa de emisiones es la siguiente: figura 1.4b.

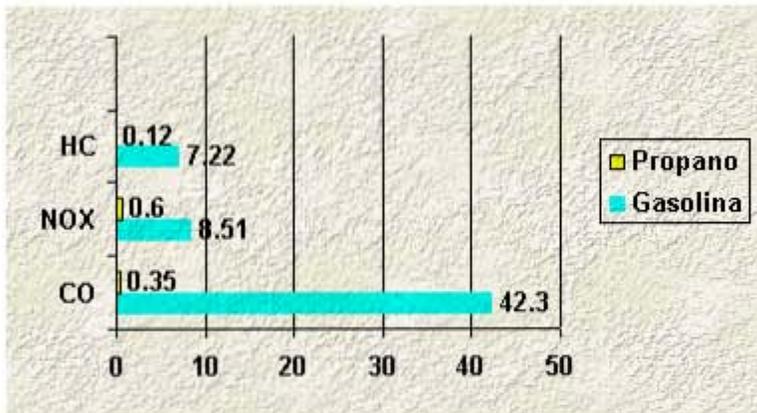


Figura 1.4b.

CO.- Monóxido de carbono.

NO.-Oxido de Nitrógeno.

HC.- Hidrocarburos.

El costo de la conversión, que oscila alrededor de 1,200 USD, permite al usuario pagar su conversión con el ahorro obtenido y no contaminar simultáneamente.

Esta característica es difícil de lograr en otros combustibles alternos, ya que en la mayoría de los casos los costos de conversión son significativamente mayores. Un usuario que consume 350 litros semanalmente puede ahorrar al año aproximadamente 30,000 pesos, esto permite una inversión para otras condiciones del vehículo, como llantas, frenos o suspensión.

Para que se tenga combustión se requiere aire y combustible mezclados. El gas LP para que arda requiere que tenga una concentración en la mezcla de 2.4% al 9.5% de aire aproximadamente. Si no está en este rango el gas no se quema. Esta propiedad citada, hace que el gas LP sea más seguro que otros combustibles que arden con mayor facilidad.

La temperatura de ignición del gas LP es de 493° C, lo que reduce la posibilidad de un incendio o explosión accidental.

El hecho de que las tuberías y tanques de gas LP estén generalmente a la vista de las personas y no enterradas, facilita la identificación de una fuga de gas con la consecuente prevención de un accidente.

La ventaja principal del gas LP es que puede ser manejado con la conveniencia que da el que sea un líquido. Otras ventajas son que se quema totalmente, sin dejar residuos o cenizas; no produce humo ni hollín si se le usa adecuadamente; su llama tiene un gran poder calorífico. En usos industriales y agrícolas tiene grandes ventajas por su inmediato encendido, control fácil tanto de volúmenes a quemar como temperaturas a alcanzar, y su limpieza, porque un combustible sucio puede dañar un producto o una cosecha. En su empleo en vehículos elimina gastos de reparación que se originan por el carbón y azufre que se acumulan en el motor, ya que el gas lp se quema sin dejar residuos. Además, su pureza, comparada con la de otros combustibles, permite tener combustión libre de olor y con mínimo de corrosión. Como se quema en los cilindros del motor en estado gaseoso, no diluye el aceite del cárter; bien carburado, es notablemente seguro, por producir mínimas cantidades de monóxido de carbono en el escape.

#### 1.4.1 Riesgos del gas natural y del gas LP

Riesgo	Gas natural	Gas LP
Tóxico	NO	No
Cancerígeno	NO	No
Inflamable	SI	Sí
Forma nubes de vapor	Bajo condiciones especiales	Sí
Asfixiante	Sí, en espacios confinados	Sí, en espacios confinados
Otros riesgos a la salud	NO	NO
Comportamiento en caso de fugas	Se dispersa rápidamente	Se evapora, formando una nube de vapor explosiva

Tabla 1.4.1a.

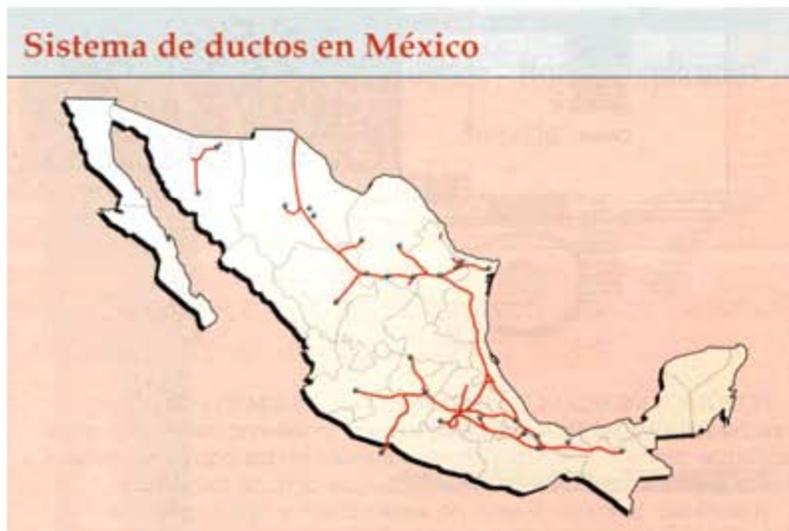
## 1.5 Transportación.

**Gas Natural.-** Se transporta por medio de ductos de acero al carbón de diámetros que van desde las 4" hasta las 48", ver la figura 1.5a, en la cual se representa la red de ductos de gas natural en la República Mexicana.

Las estaciones de bombeo proveen la energía necesaria para hacer llegar el gas natural a todo el territorio nacional, mientras que las estaciones de compresión mantienen el producto dentro de un rango de presión para hacerlo manejable.

**Gas LP.-** Se transporta hasta los usuarios finales por medio de ductos de acero al carbón de diámetros que van desde las 4" hasta las 24", ver la figura 1.5a, en la cual se representa la red de ductos de gas LP en la República Mexicana, asimismo, por la facilidad de almacenarse en recipientes, se puede transportar a cualquier lugar, ya sea en la ciudad ó en el campo.

Representación de la red de ductos de gas natural y gas LP en la República Mexicana



— Red de ductos en la República Mexicana.

Figura 1.5a.

## **1.6 Distribución.**

**Gas Natural.-** Se distribuye hasta los usuarios finales por medio de ductos de polietileno de alta densidad de diámetros variables. Para que un consumidor tenga acceso al gas natural es necesario que interconecte sus instalaciones al sistema de transporte existente, o a una red de distribución cercana.

**Gas LP.-** Por la facilidad de almacenarse en recipientes, se puede transportar a cualquier lugar, ya sea en la ciudad ó en el campo.

Para las instalaciones de aprovechamiento de gas lp o de gas natural, por Reglamento es obligatorio el utilizar tuberías de materiales y características autorizadas por la Secretaría del Patrimonio y Fomento Industrial a través de la Dirección General de Normas.

Para el uso exclusivo en la conducción, distribución y aprovechamiento del gas lp o gas natural, se dispone comercialmente de los siguientes tipos de tuberías:

- Galvanizada cédula 40.
- De cobre flexible.
- De cobre rígido tipo "L".
- De cobre rígido tipo "K".
- Manguera especial de neopreno.
- De fierro negro cédula 80.
- Extrupak (de polietileno de alta densidad).

**Tubería galvanizada cédula 40.-** Actualmente las instalaciones de aprovechamiento con éste tipo de tuberías, están supeditadas a condiciones más que económicas a las características de las áreas en que se utilizan.

**Tubería de cobre flexible.-** Económica y sencilla, en las que la unión con las conexiones respectivas y a los aparatos de consumo, es por compresión.

**Tubería de cobre rígido tipo "L".-** Es permitido su uso en todo tipo de instalaciones de aprovechamiento de gas lp o de gas natural, exceptuando los casos siguientes:

- En líneas (tuberías) de llenado, por estar expuestas a sobre presiones.
- En instalaciones en que deban permanecer expuestas a esfuerzos mecánicos, sin posibilidad de una protección adecuada al aplastamiento, corte o penetración.

- Cuando no puedan ser ahogadas en concreto, en patios de servicio, pasillos, jardines, etc. Sin exponerlas a un aplastamiento por el paso continuo de personas, equipo rodante o por cargas muertas de gran peso.

**Tubería de cobre rígido tipo "K".-** Se recomienda utilizarla para líneas de llenado, previendo las altas presiones interiores que en un momento dado deben soportar. Es de gran resistencia mecánica.

**Tubería especial de neopreno.-** Por su máxima flexibilidad, su uso es común en la conexión final de planchas, mecheros, en instalaciones de aprovechamiento provisional o temporal como en puestos ambulantes o fijos desmontables, exposiciones, etc.

**Tubería de fierro negro cédula 80.-** Su uso se ha generalizado en redes de distribución de gas lp o de gas natural, a partir de grandes recipientes estacionarios o de casetas de medición, para abastecer unidades febriles o habitacionales.

**Tubería de extrupak.-** Actualmente su uso se está generalizando en redes de Distribución de Gas Natural en unidades habitacionales. La unión de estas tuberías es por termofusión, a temperatura promedio de 250°C.

## **1.7 Reservas.**

**Gas Natural.**- México es uno de los países con mayores reservas probadas de Gas Natural, las cuales se calculan en 30.4 billones de pies cúbicos (equivalentes a 6,080 millones de barriles de petróleo crudo) que al ritmo de producción actual son suficientes para satisfacer la demanda de gas natural del país durante los próximos 40 años; sin embargo y debido a los altos costos de inversión para exploración y extracción del producto, se ha tenido que importar de diferentes países para poder cubrir la demanda actual.

**Gas LP.**- La producción de gas licuado pasó de 196 Mbd (millones de barriles diarios) en 1998 a 201 Mbd en 1999, debido al incremento de la capacidad de recuperación de líquidos criogénicos, resultado de la entrada en operación de la Planta Criogénica No. 2 en Ciudad PEMEX, Tabasco.

Como consecuencia del mejoramiento en la estrategia de comercialización, las ventas de gas licuado crecieron 22.4 por ciento durante 1995-1999.

En 1999, las ventas de gas licuado fueron de 312 Mbd, volumen superior en 8.7 por ciento al del año anterior.

Hoy en día, México es el cuarto país consumidor de gas lp a nivel mundial; en el año 2001 México obtuvo un consumo de nueve millones y medio de toneladas; esto fue posible ya que contamos con 400 empresas que están dedicadas al Almacenamiento, Distribución, Suministro y Transporte de gas lp, las cuales se encuentran operando en excelentes condiciones, y están constituidas de la siguiente forma:

1200 Plantas para Distribución y Almacenamiento,

2000 Estaciones de Carburación (Comercial y Autoabasto).

Esto es posible gracias al estricto control de calidad por parte de las Unidades de Verificación y Laboratorios de Prueba, quienes son acreditados por una Entidad de Acreditación, y aprobada por la Secretaría de Energía, en México se cuenta con:

15 Laboratorios de Prueba, y 114 Unidades de Verificación en materia de Gas LP cuya responsabilidad pueda recaer en una persona física o en una empresa.

Cabe mencionar que Petróleos Mexicanos (PEMEX) es el único productor de dicho insumo.

## **2 LA INGENIERÍA CIVIL EN LA PROBLEMÁTICA DEL GAS NATURAL Y EL GAS LP EN MÉXICO**

El mercado de gas en México ya sea del tipo natural o lp tiene grandes divisiones, como son, la producción, transportación y distribución del producto hasta el usuario final, sin embargo, el objeto del presente trabajo es analizar la problemática en cuanto a la distribución del producto, durante éste tiempo, se deberá tener control total sobre el mismo, ya que debido a su composición y comportamiento, deben de cumplir características, como temperatura, presión, flujo etc.

Dentro de los principales problemas que podemos observar tenemos:

### **2.1 Robo de producto.**

Históricamente, PGPB ha tenido el problema de perforaciones en sus ductos para robar el producto, lo que en ocasiones ha resultado en accidentes que lamentar por explosiones de la línea de distribución, aún cuando los ductos son subterráneos.

### **2.2 Medición del flujo.**

Una de las cuestiones de mayor importancia en el manejo y control del Gas Natural y Gas LP es la facturación del producto, por lo que es necesaria una medición precisa del mismo, ya que hasta el momento las lecturas de los instrumentos son muy lentas o tardías, además de poco precisas debido a que el equipo es viejo y obsoleto.

### **2.3 Distribución.**

El gas natural y gas lp los distribuye PEMEX Gas y Petroquímica Básica (PGPB) por medio de ductos de acero al carbón cédula 80 de diversos diámetros en varias líneas principales que van desde el sureste de la República Mexicana donde se obtiene la mayor parte de gas, hasta la zona norte y occidente que abarca los estados de Tamaulipas, Monterrey, Coahuila, Sonora, Guadalajara y la parte central de la República pasando por Tlaxcala, Hidalgo y Estado de México, lugares donde se encuentran las zonas industriales mas importantes del país y que consumen algún tipo de combustible.

PGPB cuenta actualmente con 9043 Km. de ductos de gas natural y 1,787 Km. de ductos de gas LP, a lo largo de los cuales se encuentran 450 estaciones de regulación, tres estaciones de compresión y cinco de bombeo existentes.

Estación de regulación.- Son espacios en donde se pueden tener derivaciones o cambio de diámetros en las tuberías, razón por la cual se deben regular las características como presión, flujo, temperatura, etc., esto se hace con válvulas de varios tipos e instrumentos de medición.

Estación de compresión.- Es aquella en donde en el gas LP, se comprime para que adopte el estado líquido y se pueda manejar, además de cumplir con las características de una estación de regulación.

Estación de Bombeo.- La principal función es proveer de energía al gas, para que pueda distribuirse por los ductos, es decir, el gas se “bombee” para incrementar la eficiencia en su transporte y no pierda presión.

#### **2.4 Control del producto durante su transporte.**

Hasta el momento el control del producto se lleva a cabo con personal de PEMEX asignado para tomar lecturas de los instrumentos de medición en las estaciones de regulación, es decir, el personal no está de planta en una estación, sino que realizan visitas periódicas, por lo que cuando se reporta una contingencia, las medidas de mitigación y mantenimiento, son un tanto tardadas en llevarlas a cabo, así como la facturación, por ejemplo para el cierre de una válvula se tardan desde 5 hasta 30 minutos dependiendo del diámetro de la misma, por la carrera que desarrolla el vástago, lo mismo cuando se tiene que regular el flujo por medio de un cierre parcial.

#### **2.5 Posibles soluciones al reto planteado.**

El modificar el esquema de un sistema tradicional a un sistema automático es un reto cuya satisfacción, sin duda, logrará una mejoría para el control del producto, con el propósito de contrastar el método tradicional con el automático y para una mejor comprensión a continuación se hace una explicación de ambos.

### **2.5.1 Sistema tradicional.**

Usualmente se ha considerado que el incrementar el control del producto hasta la entrega al cliente se puede lograr incrementando el número de personas asignadas a realizar las actividades de medición, de abrir o cerrar una válvula, informar de alguna contingencia, sin embargo la experiencia vivida con tal medida incrementa el costo, los informes de tomar las lecturas de medición tendrían variaciones y en el caso de cualquier contingencia se tardaría en conocerla.

### **2.5.2 Sistema scada.**

De acuerdo a los problemas mencionados en el sistema tradicional se propone un sistema **SCADA**, por sus siglas en inglés, "System Control And Data Adquisition", (sistema de control supervisorio y de adquisición de datos), este sistema funciona a través del seguimiento del proceso, es decir, se obtienen datos para el control estadístico, con los cuales se pueden tomar decisiones para una mejora del proceso, con lo cual la problemática planteada estaría resuelta.

Cabe mencionar que un sistema SCADA es aplicable a cualquier proceso industrial, pero en este caso estudiaremos solamente el proceso de distribución del gas natural y del gas LP.

### **3 PROCESO DE INTEGRACIÓN DEL SISTEMA SCADA Y LA PARTICIPACIÓN DE LA INGENIERÍA CIVIL**

#### **3.1 Objetivos del sistema SCADA.**

- Control preciso del gas durante su transporte
- Supervisión constante
- Control estadístico
- Control en la facturación
- Control de contingencias
- Disminución de siniestros

#### **3.2 Fases del sistema SCADA aplicado a PEMEX Gas y Petroquímica Básica.**

- Adquisición de datos
- Procesamiento y transmisión de información
- CCP (Cuarto de Control Principal)
- Toma de decisiones y acciones correctivas
- Envío de señales de acciones correctivas

#### **3.3 Transmisión de la información.**

- Las señales de los instrumentos son concentradas en una SPC (System Program Control) “controlador programable de estación” donde es controlada y procesada su señal.
- Asimismo los instrumentos son protegidos mediante un sistema de tierras y un sistema de pararrayos
- Una vez procesada la señal, es convertida en microondas y enviada por una antena tipo yaggi o parabólica vía satélite hasta el cuarto de control principal ubicado en las instalaciones de Petróleos Mexicanos.

#### **3.4 Cuarto de Control Principal (CCP).**

- Se ubica en el séptimo piso del edificio “B” de Petróleos Mexicanos.
- Se obtiene la señal del satélite y se monitorean y supervisan las 450 estaciones de la red nacional de gasoductos y lpgductos.

### **3.5 Recepción de información en CCP.**

- La información obtenida se analiza con la finalidad de mantener bajo vigilancia las estaciones, además de llevar un control estadístico, pero lo más importante es que se puede deducir una fuga o posible siniestro en una estación.

### **3.6 Toma de decisiones y acciones correctivas.**

- Una vez detectada la falla o posible contingencia en alguna estación, se toma la decisión de la acción a tomar que puede ser por ejemplo, el cierre parcial o total de una válvula, la cual se llevaría por medio de la acción inversa, es decir, se mandaría la señal al satélite y a la estación respectiva, esto en cuestión de fracciones de segundos.

### **3.7 Impacto ambiental.**

Aún cuando se cumplió con la reglamentación establecida en materia de impacto ambiental, de antemano se conocía que este proyecto, no tendría efectos adversos sobre el ambiente, debido a que todos los trabajos estaban encaminados hacia un mejor control del producto, así como el hecho de que la etapa de construcción sería corta lo que redundaría en menores derrames o fugas posibles.

#### **4 LA INGENIERÍA CIVIL COMO PARTE DE LA INTEGRACIÓN Y DESARROLLO DEL SISTEMA DE CONTROL SUPERVISORIO Y ADQUISICIÓN DE DATOS (SCADA) ALCANCES.**

##### **Introducción.**

La Ingeniería Civil tiene vital importancia en el desarrollo de proyectos de infraestructura, y éste proyecto SCADA no es la excepción, durante la generación del proyecto, se pudo constatar dicha importancia, como se describe en este capítulo.

##### **Concurso.**

Se llevó a cabo un concurso con licitación internacional coordinado por PEMEX para ello hubo necesidad de elaborar **las bases de concurso** particulares para este proyecto.

En la elaboración y organización de las bases de concurso se puede conocer la forma en que la Ingeniería Civil y otras áreas del conocimiento intervienen, engarzándose para lograr, como resultado de su cumplimiento una obra segura, económica, funcional y armónica con el medio ambiente.

##### **Empresas.**

La legislación vigente en el país (Ley de Inversión Extranjera) señala que se busque al ganador entre empresas extranjeras y mexicanas aliadas; en el caso que se relata correspondió el fallo de ganador a una sociedad de dos empresas una española denominada Sociedad Anónima de Instalaciones de Control de México (SAINCOMEX) y a una mexicana denominada Bufete de Ingeniería Civil y Química (BICYQ) S.A. de C.V., que propusieron la solución más económica más funcional, más segura y más armónica con el medio ambiente.

##### **Sectores.**

PEMEX cuenta con una extensa red de ductos de gas natural y ductos de gas licuado de petróleo ductos a nivel nacional que por su localización dispersa, lejanía y número, dificultan su control centralizado, razón que lleva a dividir la república en zonas en función de la geografía ellas son: Zona Norte, Centro y Sur; a su vez las zonas son subdivididas en **sectores** los cuales agrupan estaciones de regulación. En la siguiente tabla 4a. se anota la disposición de los sectores.

ZONA	SECTOR	
	CLAVE	NOMBRE
NORTE	CH	CHIHUAHUA
	MT	MONTERREY
	TO	TORREÓN
	RE	REYNOSA
CENTRO	VC	VENTA DE CARPIO
	GU	GUADALAJARA
	SA	SALAMANCA
	TX	TLAXCALA
SUR	VE	VERACRUZ
	MA	MADERO
	PR	POZA RICA
	CM	CIUDAD MENDOZA
	MI	MINATITLÁN
	CA	CÁRDENAS

Tabla 4a: Sectores en que se encuentra dividida la Red Nacional de Gasoductos según PEMEX.

Fuente: PEMEX Gas y Petroquímica Básica.

#### 4.1 Problemática de los sectores.

La problemática actual en los sectores de PEMEX son: robo del producto, facturación y control inadecuado del gas natural y gas licuado de petróleo, así como la falta de información acerca de instalaciones y equipo, por ejemplo, diámetros de tuberías, sentidos de flujo, equipos en existencia y el número de ellos que están en operación, e incluso, la existencia de tuberías, ya que no se cuenta con planos de cada una de las estaciones en donde se pueda consultar lo anterior.

Por otro lado, no se cuenta con planos topográficos para la localización de las estaciones del sector, medidas de los predios y referencias de las mismas tuberías o equipos respecto a los límites del predio, correspondiente a cada estación en particular, para así poder consultar esos datos en gabinete.

Todo ello determinó la necesidad de generar el Sistema de Control Supervisorio y Adquisición de Datos (SCADA). Como un primer paso se hizo lo conducente a fin de **diagnosticar** el estado actual de la situación.

## **4.2 Implementación del sistema scada.**

### **4.2.1 Diagnostico.**

#### **4.2.1.1 Levantamiento físico y topográfico.**

Se llevó a cabo un levantamiento físico y topográfico en todas y en cada una de las estaciones correspondientes a los sectores. Se partió inicialmente de la localización y medidas del predio en cuestión, después se procedió a localizar las tuberías, sus diámetros y sentido de flujo, tipos de válvulas de seccionamiento, posteriormente se inventariaron los instrumentos existentes y en operación, todo esto en visitas programadas con un equipo formado por personal de PEMEX Gas y Petroquímica Básica (PGPB), la supervisión externa y la compañía constructora, esto con todas las medidas de seguridad que marca la normatividad de PEMEX; éste levantamiento e inventario se plasmó en un plano denominado DTI (Diagrama de Tuberías e Instrumentación) para que después se de el visto bueno de la paraestatal con su correspondiente minuta de trabajo.

#### **4.2.1.2 Análisis del levantamiento físico y topográfico.**

En el análisis de los levantamientos se toman en cuenta los siguientes aspectos: las condiciones que se tienen en las estaciones que contribuyen a hacer factible la implementación del sistema SCADA, así como la problemática de espacios para la colocación de los equipos y de las casetas de medición y la obtención de los diámetros y sentidos de flujo en las tuberías.

#### **4.2.1.3 Acciones a tomar.**

Una vez realizado el análisis de los equipos o implementos a colocar en cada estación con su correspondiente obra civil por efectuar, por ejemplo, las cimentaciones de mástiles para pararrayos, la ruta de tuberías eléctricas que van encofradas en concreto, se verifica que se cuente con los espacios adecuados para la instalación de casetas de medición o antenas de telecomunicación, a fin de proceder a la compra o expropiación de terrenos por parte de PGPB tomando en cuenta las bases del concurso que obviamente la industria PEMEX las proporciona.

#### **4.2.1.4 Conclusiones del diagnostico para la implementación del SCADA.**

Con base en el análisis del levantamiento físico y topográfico se determinan los diferentes elementos a colocar y la obra civil a ejecutar en todas y en cada una de las estaciones del proyecto. Estos elementos son:

- **Casetas prefabricadas**

Para satisfacer las necesidades de PEMEX ya anotados se concluyó el que es necesario el que todas las estaciones, tanto de gas natural como de gas licuado de petróleo, tengan las siguientes medidas: Largo = 30.0 m y ancho= 20.0 m a fin de garantizar el dar cabida a una caseta prefabricada con largo de 3.0 m y ancho de 2.0 m y altura de 2.40 m a 2.60 m, cuyo espacio contempla la antropometría del hombre y el espacio suficiente para alojar los equipos de concentración de información, alimentación de energía eléctrica y transmisión de datos.

- **Equipos sobre línea de proceso de gas natural y gas lp.**

Con respecto a las necesidades a cubrir en el proyecto, se debe considerar el siguiente equipo de medición:

Transmisores de presión.- Transmiten la cantidad y el estado físico del producto.

Transmisores de temperatura.- Transmiten la temperatura del producto.

Actuadores.- Para controlar el flujo del gas se colocan actuadores sobre las válvulas existentes cuya función es abrir o cerrar la válvula ya sea parcial o totalmente; cabe mencionar que esta actividad se realiza de forma manual en donde no existe dicho elemento, además el tiempo de ejecución va de los 10 a lo 30 min. no tomando en cuenta el tiempo de traslado de la persona a cargo y la localización del sector.

### **4.3 Fase de plantación del proyecto.**

#### **4.3.1 Proyecto preliminar.**

Tomando en cuenta que en un proyecto ejecutivo se marca tiempo y actividades a seguir, se elaboró el proyecto preliminar para cada una de las estaciones, con base en la información ya descrita, dando paso a la elaboración de planos y programas de obra, donde la participación de la Ingeniería Civil realiza la planeación de éstos, para poder definir los recursos: humanos, materiales y/o equipo necesarios y ejecutar la obra de manera óptima controlando el costo y tiempo.

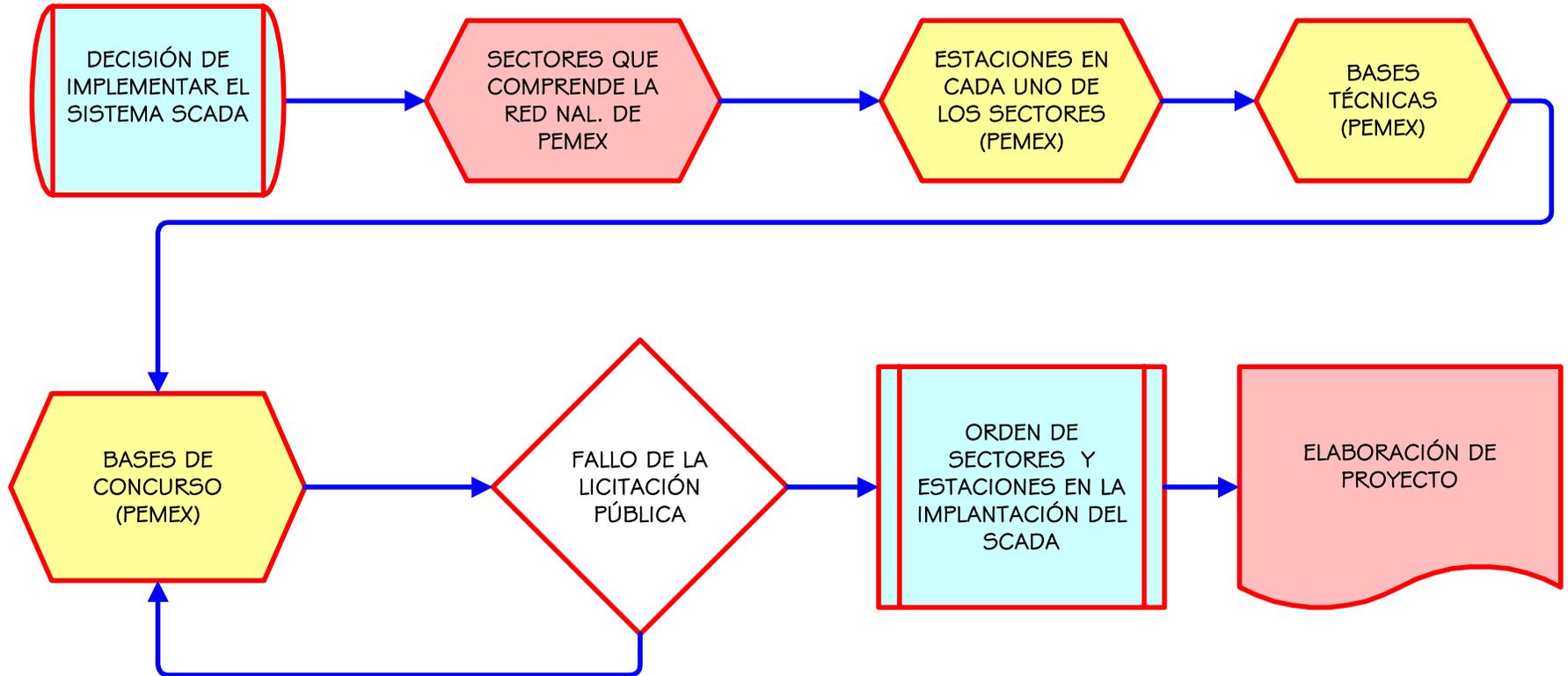
#### **4.3.2 Ajuste y negociación del proyecto definitivo.**

Una vez terminado el proyecto para cada una de las estaciones de los sectores y su correspondiente programa de obra, se presentaron ante PEMEX para su revisión y aprobación, en el cual se realizaron cambios al proyecto preliminar de algunas estaciones, como son: sentidos de flujo en tuberías, trazo de excavaciones, encofrados de concreto, cambio de ubicación para alojar la cimentación del mástil de telecomunicaciones o posición de la caseta prefabricada, estos cambios fueron en forma particular debido a información incompleta o algún error humano, además de controlar el tiempo de ejecución.

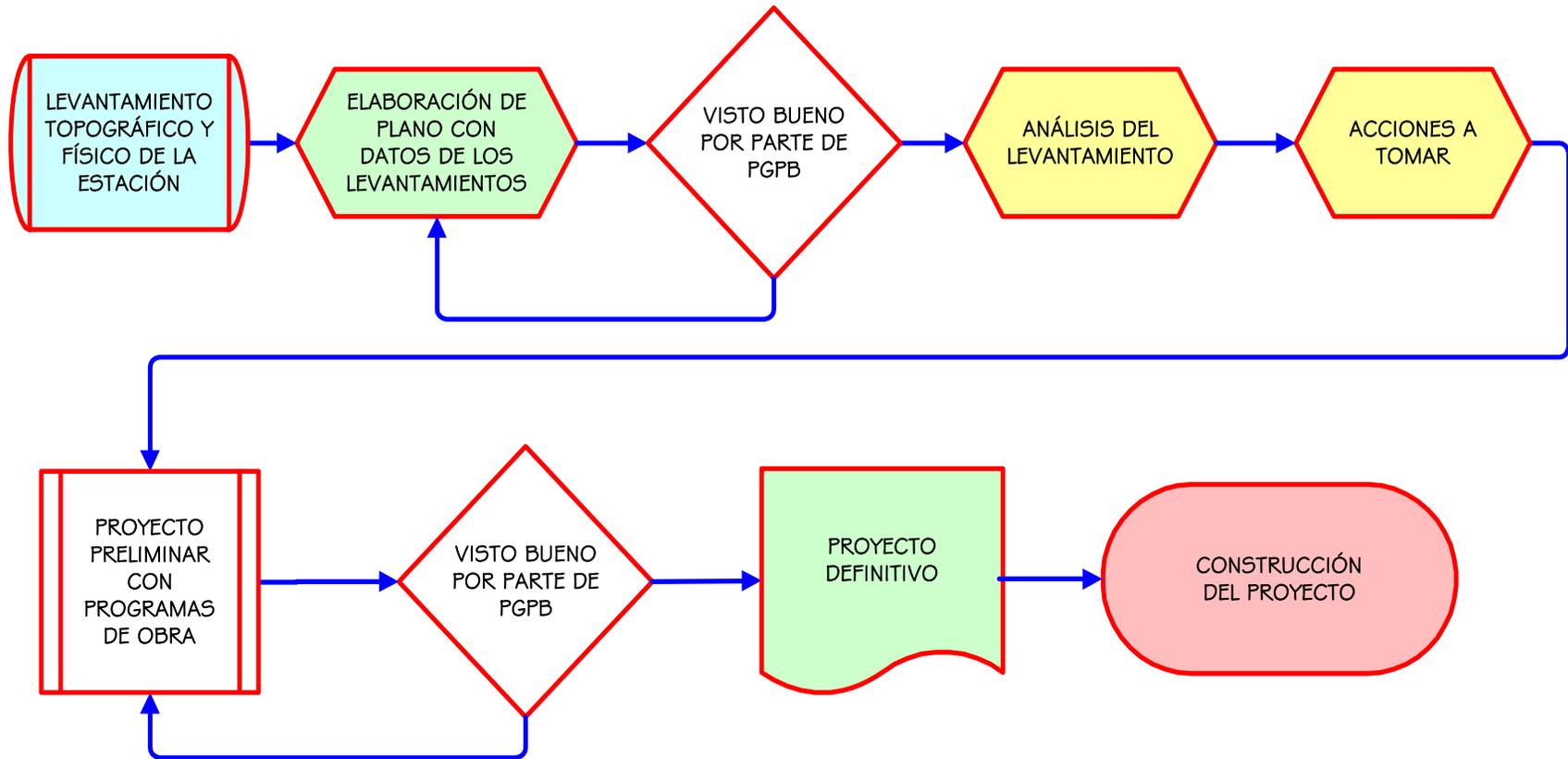
#### **4.3.3 Reajuste del proyecto definitivo.**

Se realizan las modificaciones al proyecto marcadas por PGPB para dar por concluido el proyecto ejecutivo y proceder a la construcción.

#### 4.4 Diagrama de flujo del proceso de implementación del sistema SCADA en la red nacional de gasoductos.



#### 4.5 Diagrama de flujo del proceso de implementación del sistema SCADA en una estación de regulación tipo.



## **4.6 Diseño estructural de la caseta prefabricada de instrumentos.**

Como parte de la integración y desarrollo del proyecto, todas las mediciones tomadas por los instrumentos de control colocados son concentradas en un cuarto llamado “cuarto o caseta de instrumentos” el cual, teniendo en cuenta su función se definió el que tenga medidas de 3.00X2.00 m, suficientes para albergar el equipo de telecomunicaciones y de registro de mediciones, es aquí también, donde tiene importancia la participación de la Ingeniería Civil en el proyecto, para la solución del diseño estructural de dicha caseta.

### **Diseño estructural.**

El Ingeniero Civil, antes de abordar el diseño de cualquier estructura, debe de conocer los tipos de carga a los que está expuesta una estructura.

Las principales fuerzas que actúan en una estructura son:

**Carga muerta.-** Los pesos de todos los elementos constructivos, de los acabados y de todos los elementos que ocupan una posición permanente y tienen una magnitud que no cambia sustancialmente con el tiempo.

**Carga viva.-** Las fuerzas que se producen por el uso y ocupación de las edificaciones y que no tiene carácter permanente. A menos que se justifiquen racionalmente otros valores

**Carga accidental.-** Debido a fuerzas como sismo y viento.

Para el caso del diseño estructural de la caseta, debido que estará dentro de un espacio confinado y restringido, no se consideraran cargas vivas ya que sobre la losa de la caseta, no habrá ningún tipo de objeto que represente alguna carga viva.

#### **4.6.1 Determinación del peralte mínimo de la losa (techo).**

La determinación del peralte mínimo, de acuerdo a las Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal para el que no es necesario calcular las deflexiones, ya que son mínimas, está dado en función del perímetro del tablero con la expresión  $d_{min}=L/300$  donde L es el perímetro en cm. de la

losa incrementado en un 25% si es colado monolítico con los apoyos, es decir, que se cuele al mismo tiempo apoyos como losa o 50% si no lo es.

El diseño comienza con el análisis con la losa tapa, lo primero es proponer un peralte y hacer la revisión que cumpla con la condición marcada.

Consideraciones:

Losa de 10 cm.

La resistencia a la compresión del concreto a los 28 días  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$

La resistencia del acero a tensión  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$

Carga Viva =  $0.0 \text{ kg/m}^2$

Carga accidental =  $150 \text{ kg/m}^2$  De acuerdo al art. 163 del Reglamento de Construcciones del D.F.

Peso volumétrico del concreto armado =  $2400 \text{ kg/m}^3$

Considerando que no es monolítico, que sería el caso mas desfavorable

$$d_{\min} = (200 \times 2 + 300 \times 2) \times 1.50 / 300 = 1500 / 300 = 5 \text{ cm}$$

Por lo tanto el peralte total es igual al peralte mínimo incrementando el recubrimiento  $h = d_{\min} + \text{recubrimiento} = 5 + 2 \text{ cm} = 7 \text{ cm}$ , por lo que la primera consideración de una losa de 10 cm es correcta.

#### 4.6.2 Cálculo del momento flexionante.

$W_{\text{total}} = \text{peso de la losa} + \text{carga accidental}$ , donde  $W_{\text{total}}$  es la carga total

$$W_{\text{total}} = 0.10 \times 2400 \text{ kg/m}^3 + 150 \text{ kg/m}^3 = 390 \text{ kg/m}^2$$

Carga última =  $W_u$

Factor de seguridad.- F. S.

Mediante el factor de seguridad, el ingeniero toma en cuenta la incertidumbre que existe respecto a los efectos de ciertas acciones y los valores usados en el cálculo de las estructuras, definiendo al factor de seguridad como el cociente entre la resistencia y el

valor estimado de acción correspondiente, el reglamento de Construcciones menciona que se deberá tomar en cuenta como mínimo un factor de seguridad = 1.4

$$W_u = F.S. \times W_{total}$$

$$W_u = 1.4 \times 390 = 546 \text{ kg/m}^2$$

Para esta carga, de la teoría plástica el momento máximo al centro del claro es:

$$M = (w \cdot l^2) / 8 \text{ donde } l \text{ es la longitud del claro}$$

$$M = 0.125 W l^2 = 0.125 \times 546 (3)^2 = 614.25 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

#### 4.6.3 Determinación del refuerzo.

Para determinar el área de acero mínima se emplea la siguiente ecuación:

$$A_s = ((66000h) / f_y (h+100))$$

Donde  $A_s$  es área de acero mínima por metro de ancho de la losa.

Esta área debe multiplicarse por 1.5 si la losa está expuesta a la intemperie, sin embargo, por simplicidad, de acuerdo al Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal se expresa una relación mínima de 0.002 en losas protegidas de la intemperie y de 0.003 en losas expuestas a ella, además que la separación entre barras no debe exceder de 50 cm ni de 3.5 h, donde h= espesor de la losa

Por lo tanto, porcentaje de acero mínimo queda:

$$\rho_{\min} = 0.003$$

$$q = M / (F_r b d^2 f''_c) = (614.25 \times 100) / (0.9 \times 100 \times 8^2 \times 136) = 0.078$$

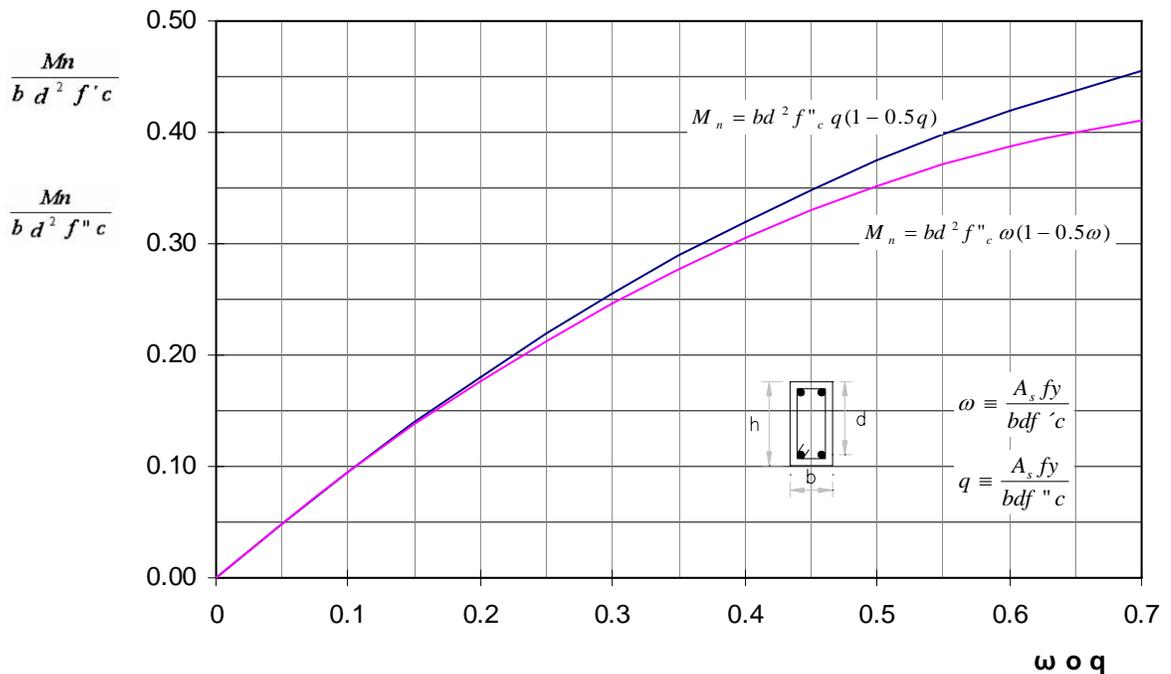
De la grafica de la ecuación general de flexión

$$\omega = A_s f_y / (b d f'_c) = 0.08$$

por consiguiente el porcentaje de acero es...

$$\rho = \omega f'_c / f_y = .08 \times 136 / 4200 = .0026$$

### Gráfica para diseño por flexión



Como el porcentaje de acero resulta menor que el acero mínimo, se tomará en cuenta el acero mínimo

$$A_s = \rho b d = .003 \times 100 \times 8 = 2.40 \text{ cm}^2$$

La separación de varillas si usamos varillas del no. 3

$$\text{Área} = 0.71 \text{ cm}^2$$

$$S = 100 (\text{Área varilla a usar}) / A_s = 100 \times 0.71 / 2.40 = 29.5 \text{ cm}$$

Se deberán usar varillas del #3 @25 cm en ambos sentidos.

#### **4.7 Diseño estructural de cimentación para base de mástil de telecomunicaciones.**

Como parte de la integración y desarrollo del proyecto, la señal de las telecomunicaciones tiene que ser transmitida a través de antenas tipo “yaggi” a una altura comprendida entre los 10 y 12 m, dependiendo del análisis particular, en consecuencia se requiere contar con mástiles, y por ende se necesita la participación de la Ingeniería Civil en el proyecto, en la solución y el diseño de la cimentación de mástiles que alojarán las antenas de telecomunicaciones mencionadas.

Se consideró pertinente realizar un proyecto tipo de cimentación aplicable a todo el sector, para un mástil tipo de 12 m de altura; para ello se efectuaron estudios de mecánica de suelos en las diferentes estaciones del sector correspondiente, de manera de conocer la capacidad de carga del suelo de apoyo y la rapidez y magnitud de deformaciones respectivas y se seleccionaron los valores de éstas características más desfavorables a fin de que ellas se utilizaran en el diseño del mástil en cuestión

Como resultado del criterio antes anotado, se aceptó como capacidad de carga de diseño: prácticamente sin que se generen hundimientos en el terreno de apoyo  $q_d = 4000 \text{ kg/m}^2$ . La cimentación seleccionada fue zapata cuadrada alojada en excavación a manera de tener el desplante a una cierta profundidad, que deberá rellenarse, una vez construido el cimientado, con material inerte (tepetate) compactado con pisón de mano o bailarina, de manera de garantizar que tal relleno tenga un peso volumétrico mínimo de  $\gamma = 1.6 \text{ t/m}^3$

Por otro lado del análisis del mástil a colocar, se determina la resistencia al viento, lo cual es básico para nuestro diseño, ya que es la fuerza que provoca el momento de diseño para el volteo del elemento y genera esfuerzos en el terreno.

Se aplicará el método estático de acuerdo a las **Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Viento del Reglamento de Construcciones del D.F. (NTC RCDF)**, además de la consideración de la velocidad de referencia ó básica del viento de las normas **Structural Standards for Steel Antenna Towers and Antenna Supporting Structures - EIA/TIA -222-E – 1991**.

##### **4.7.1 Determinación de la velocidad de diseño, $V_D$ .**

Los efectos estáticos del viento sobre una estructura o componente de la misma se determinan con base en la velocidad de diseño.

Dicha velocidad de diseño se obtendrá de acuerdo con la siguiente expresión

$$V_D = F_{TR} F_{\alpha} V_R \quad (\text{NTC para Diseño por Viento R.C.D.F.})$$

Donde

$F_{TR}$  es el factor correctivo que toma en cuenta las condiciones locales relativas a la topografía y a la rugosidad del terreno en los alrededores del sitio de desplante;

$F_{\alpha}$  es el factor que toma en cuenta la variación de la velocidad con la altura; y

$V_R$  es la velocidad regional del viento según la zona que le corresponde al sitio en donde se construirá la estructura.

#### 4.7.1.1 Velocidad regional, $V_R$ .

Se determina de acuerdo a la importancia de la construcción y la zonificación eólica de la siguiente tabla:

Periodo de retorno, años	Importancia de la construcción		
	A	B	Temporal
200	39	36	31
50	35	32	28
10			

Zona I: Delegaciones de  
Álvaro Obregón,  
Azcapotzalco,  
Benito Juárez,  
Coyoacán,  
Cuauhtémoc,  
G. A. Madero,  
Iztacalco, Iztapalapa,  
Miguel Hidalgo y  
Venustiano Carranza

Zona II: Delegaciones de  
Magdalena Contreras,  
Cuajimalpa, Milpa Alta,  
Tlalpan y Xochimilco

Tabla 4.7.1.1a .- Velocidades regionales,  $V_R$ , según la importancia de la construcción y la zonificación eólica, (m/s)

Para nuestro caso, aplicaría el valor de 39 m/s para una importancia de construcción "A" (telecomunicaciones), pero debido a que se ubican también en el interior

del país se tomará como referencia las normas Structural Standards for Steel Antenna Towers and Antenna Supporting Structures - EIA/TIA -222-E – 1991 que mencionan una velocidad de 100 mi/hr = 44.7 m/s.

#### 4.7.1.2 Factor de variación con la altura, $F_{\alpha}$ .

Este factor establece la variación de la velocidad del viento con la altura  $z$ . Se obtiene con las expresiones siguientes:

$$F_{\alpha} = 1.0 ; \quad \text{si } z \leq 10 \text{ m}$$

$$F_{\alpha} = (z/10)^{\alpha} ; \quad \text{si } 10 \text{ m} < z < \delta$$

$$F_{\alpha} = (\delta/10)^{\alpha} ; \quad \text{si } z \geq \delta$$

Donde

$\delta$  altura gradiente, medida a partir del nivel del terreno de desplante, por encima de la cual la variación de la velocidad del viento no es importante y se puede suponer constante;  $\delta$  y  $z$  están dadas en metros; y

$\alpha$  exponente que determina la forma de la variación de la velocidad del viento con la altura.

Los coeficientes  $\alpha$  y  $\delta$  están en función de la “rugosidad” del terreno y se definen como sigue:

Tipos de terreno	$\alpha$	$\delta$ , m
R1 Escasas o nulas obstrucciones al flujo de viento, como en campo abierto	0.099	245
R2 Terreno plano u ondulado con pocas obstrucciones	0.128	315
R3 Zona típica urbana y suburbana. El sitio está rodeado predominantemente por construcciones de mediana y baja altura o por áreas arboladas y no se cumplen las condiciones del Tipo R4	0.156	390
R4 Zona de gran densidad de edificios altos. Por lo menos la mitad de las edificaciones que se encuentran en un radio de 500 m alrededor de la estructura en estudio tiene altura superior a 20 m	0.170	455

Tabla 4.7.1.2 a coeficientes  $\alpha$  y  $\delta$

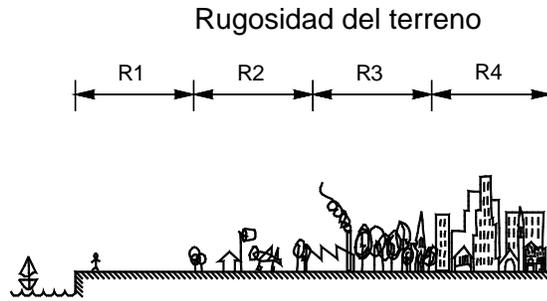


Figura 4.7.2 b Rugosidad del terreno

#### 4.7.1.3 Factor correctivo por topografía y rugosidad, $F_{TR}$ .

Este factor toma en cuenta el efecto topográfico local del sitio en donde se desplante la estructura y a su vez la variación de la “rugosidad” de los alrededores del sitio, dicho factor es reductivo, por lo que para tipo de terreno R1 mencionado anteriormente, (escasas o nulas obstrucciones al flujo del viento, como en campo abierto), las normas definen a  $F_{TR} = 1.0$

De acuerdo a los puntos anteriores, las **velocidades de diseño** y su cálculo se muestran en la siguiente tabla:

Definiendo  $\alpha = 0.099$  y  $F_\alpha = 1.0$ ; para  $z \leq 10$  m

$\alpha$	z (m)	$F_\alpha$	$F_{TR}$	$V_R$ (m/s)	$V_D$ (m/s)
0.099	12	1.018	1	44.7	45.51
0.099	11	1.009	1	44.7	45.12
	10	1.000	1	44.7	44.70
	9	1.000	1	44.7	44.70
	8	1.000	1	44.7	44.70
	7	1.000	1	44.7	44.70
	6	1.000	1	44.7	44.70
	5	1.000	1	44.7	44.70
	4	1.000	1	44.7	44.70
	3	1.000	1	44.7	44.70
	2	1.000	1	44.7	44.70
	1	1.000	1	44.7	44.70

Tabla 4.7.1.3 a velocidades de diseño.

#### 4.7.2 Determinación de la presión de diseño, $p_z$ .

La presión que ejerce el flujo del viento sobre una construcción determinada,  $p_z$ , en ( $\text{kg/m}^2$ ), se obtiene tomando en cuenta su forma y está dada de manera general por la expresión

$$p_z = 0.048 C_p V_D^2$$

Donde:

$C_p$  coeficiente local de presión, que depende de la forma de la estructura  
 $V_D$  velocidad de diseño a la altura  $z$ , obtenida anteriormente

Los coeficientes de presión varían en función de la forma de la sección transversal y de la relación de esbeltez de la estructura, de acuerdo con la siguiente tabla:

Coeficientes de presión para chimeneas y silos.

Forma de la sección transversal	Relación de esbeltez		
	1	7	25
Cuadrada:			
Viento normal	1.3	1.4	2.0
Ángulo de incidencia 45°	0.9	1.2	1.6
Hexagonal u octagonal	1.0	1.2	1.4
Circular (superficie rugosa)	0.7	0.8	0.9
Circular (superficie lisa)	0.5	0.6	0.7

De donde se obtiene el valor de 0.7 para una superficie lisa circular y una relación de esbeltez de 25, que se define como la relación de la altura a lado menor de la estructura ( $12\text{m}/0.15\text{m}=80$ ).

Por lo que los resultados de la presión ejercida sobre el mástil, se resumen en la siguiente tabla:

$V_D$ (m/s)	$C_p$	$p_z$ ( $\text{kg/m}^2$ )
45.51	0.7	69.60
45.12	0.7	68.41
44.70	0.7	67.14
44.70	0.7	67.14
44.70	0.7	67.14
44.70	0.7	67.14
44.70	0.7	67.14
44.70	0.7	67.14
44.70	0.7	67.14
44.70	0.7	67.14
44.70	0.7	67.14
44.70	0.7	67.14
44.70	0.7	67.14
44.70	0.7	67.14
44.70	0.7	67.14
44.70	0.7	67.14

#### 4.7.3 Determinación del cortante total actuante en la base de la estructura.

En la siguiente tabla se resume la variación de la presión con respecto a la altura actuando sobre la cara expuesta de la estructura.

$p_z$ (kg/m <sup>2</sup> )	Área expuesta (m <sup>2</sup> )	F (kg)
69.60	0.15	10.44
68.41	0.15	10.26
67.14	0.15	10.07
67.14	0.15	10.07
67.14	0.15	10.07
67.14	0.15	10.07
67.14	0.15	10.07
67.14	0.15	10.07
67.14	0.15	10.07
67.14	0.15	10.07
67.14	0.15	10.07
67.14	0.15	10.07
67.14	0.15	10.07
67.14	0.15	10.07
67.14	0.15	10.07

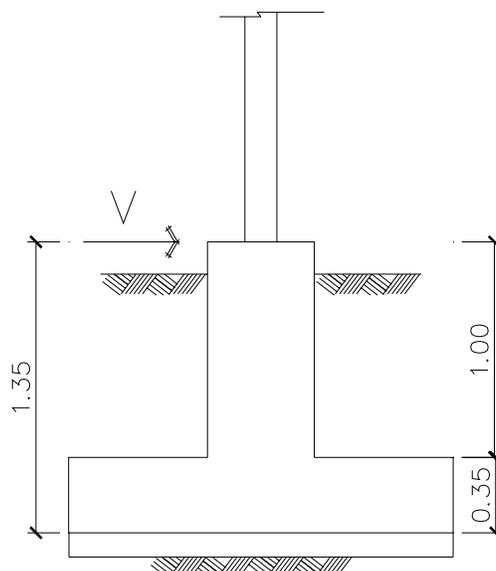
Se observa entonces que la variación es mínima y se tomará el máximo para el diseño

Por lo tanto el cortante es...

$V = (p_z \text{ (máx)}) (A)$  donde: el área expuesta es la proyección de la estructura que es igual al diámetro de la misma, multiplicada por la altura.

$$V = 69.6 \times 0.15 \times 12\text{m}$$

$V = 125.28 \text{ kg}$  En la base de la estructura.



Acot. en metros

Figura 4.7.3 a

#### 4.7.4 Momento actuante.

El momento actuante en la base de la estructura es el originado por la fuerza cortante multiplicado por la distancia a la profundidad de desplante de la estructura

$$M = 125.28 \times 1.35 = 169.13 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

#### Análisis de volteo:

Los valores de diseño serán incrementados por un factor de seguridad (1.4)

El cortante de diseño es

$$V1 = 121.41 \times 1.4 = 169.97 \text{ kg}$$

El momento generado por la acción del viento es igual a:

$$M = 169.13 \times 1.4 = 236.78 \text{ kg}\cdot\text{m}$$

Se propone el siguiente dimensionamiento como se muestra en la figura 4.7.4 a y 4.7.4 b

Lado de la zapata	1.80 m
Peralte de la zapata.	0.35 m
Lado de la base del dado	0.50 m
Profundidad de desplante	1.35 m

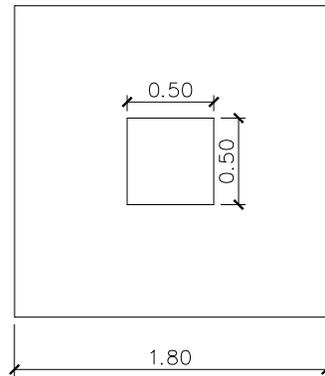


Figura 4.7.4a

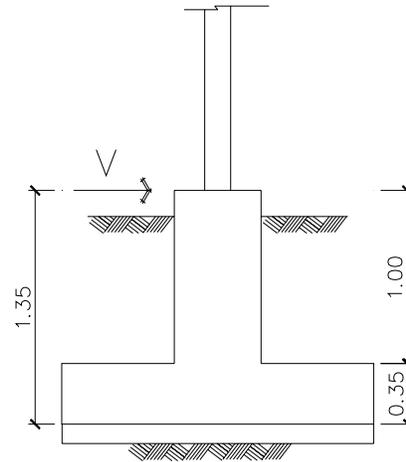


Figura 4.7.4b

**Cálculo del peso de la cimentación:**

Peso del relleno	Wr	4066 kg
Peso del concreto	Wc	3322 kg
Peso del mástil	Pm	360 kg
Peso total	Pc	7748 kg

La fuerza para contrarrestar el posible volteo de la estructura deberá ser mayor que la generada por la acción del viento.

$$V_z = 236.78 \text{ kg}$$

Fuerza contrarrestadora 7748 kg

Por lo tanto no hay volteo

**Revisión de esfuerzos en la losa de cimentación**

Se realiza la revisión para la combinación carga muerta (C.M.)+ carga viva (C.V.) +carga accidental (C.A.) que es la mas desfavorable.

Con un factor de seguridad de 1.1 y la carga muerta de 7388 Kg

Peso total (Wt) = 7748 kg

Momento Total = 236.78 kg·m

Propiedades de la losa de cimentación:

Se obtienen los momentos de inercia, con respecto a ejes principales que pasan por centroide de la losa y después los módulos de sección

Y se definen:

$$I_x = \frac{bh^3}{12} = \frac{1.8 \times 1.8^3}{12} = 0.87 \text{ m}^4$$

$$S_x = \frac{bh^2}{6} = \frac{1.8 \times 1.8^2}{6} = 0.972 \text{ m}^3$$

Que para éste caso se tienen valores iguales con respecto a los ejes X y Y debido a la simetría de la losa, y se resume en la siguiente tabla

Ix	=	0.875 m <sup>4</sup>
Iy	=	0.875 m <sup>4</sup>
Sx	=	0.972 m <sup>3</sup>
Sy	=	0.972 m <sup>3</sup>
At	=	3.24 m <sup>2</sup>

$$\sigma = \frac{Wt}{At} \pm \frac{M}{Sx} = \frac{7748}{3.24} \pm \frac{236.78}{0.972} =$$

$$\sigma_{\text{máx}} = \frac{7748}{3.24} + \frac{236.78}{0.972} = 2634.96 \text{ kg/m}^2 < 4000 \text{ kg/m}^2 \text{ (resistencia del terreno)}$$

$$\sigma_{\text{mín}} = \frac{7748}{3.24} - \frac{236.78}{0.972} = 2147.76 \text{ kg/m}^2 < 4000 \text{ kg/m}^2$$

**Lo cual se acepta, no existen tensiones.**

### Diseño de la cimentación

De acuerdo al esfuerzo máximo  $E_{\text{máx}} = 2634.96 \text{ kg/m}^2$  y analizando como un voladizo a paño de columna.

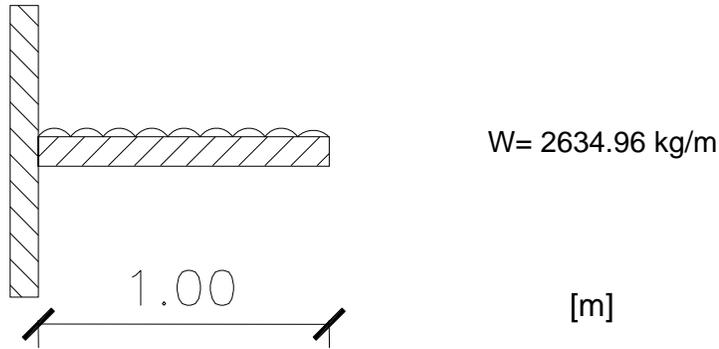


Figura 4.74 c análisis como viga en voladizo

$$\begin{aligned} M_u &= WL^2/2 = 2634.96/2 = 1317.48 \text{ kg}\cdot\text{m} \\ &= 131748.00 \text{ kg}\cdot\text{cm} \end{aligned}$$

$$V_u = WL = 2634.96 \text{ kg}$$

Constantes de cálculo (diseño plástico)

$$f'c = 250 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{Resistencia del concreto a compresión a 28 días}$$

$$f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2 \quad \text{Esfuerzo de fluencia del acero}$$

$$f^*c = 0.80f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$$

$$f''c = 0.85f^*c = 170 \text{ kg/cm}^2$$

Porcentaje de acero balanceado para losas de concreto

$$\rho_b = (f'c / f_y) (4800 / (f_y + 6000)) = (170/4200) (4800 / 10200) = 0.019$$

El porcentaje de acero mínimo se calcula como:

$$\rho_{\text{mín}} = 0.7 \sqrt{\frac{f'c}{f_y}} = 11.068/4200 = 0.0026$$

se tomará el porcentaje mínimo para el cálculo  $\rho_{\text{mín}} = 0.0026$

$$q = (\rho * f_y) / f''c = (0.0026 * 4200) / 136 = 0.0813821$$

Revisión del peralte por flexión

$$df = \sqrt{\frac{Mu}{(Fr \cdot f'c \cdot b \cdot q(1-0.5q))}} =$$
$$= \sqrt{\frac{131748}{(0.9 \cdot 136 \cdot 100 \cdot 0.073(1-0.5 \cdot 0.073))}} = 12.37 \text{ cm}$$

Como el peralte propuesto es de 30 cm se acepta

Acero de refuerzo por flexión

$$As \text{ mín} = \rho \text{ mín} b d = 7.9057 \text{ cm}^2$$

Separación de varillas para losa

Usando varillas de 1/2" de diámetro  $A_v=1.27 \text{ cm}^2$

$$S = A_v \cdot 100 / (As \text{ mín}) = 1.27 \cdot 100 / 7.9057 = 15 \text{ cm}$$

Se deberán usar varillas de 1/2" de diámetro @ 15 cm en ambos sentidos.

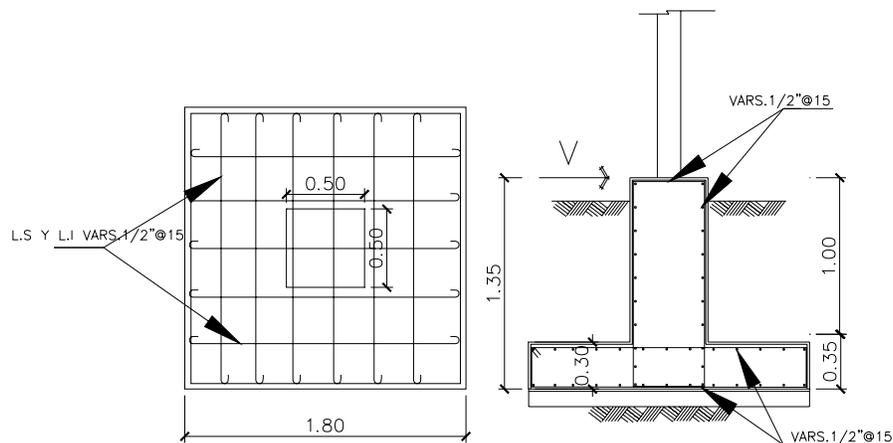


Figura 4.7.4c

## **5 LA INGENIERÍA CIVIL EN LA ORGANIZACIÓN DE OBRA PARA LA EJECUCIÓN DEL PROYECTO DEL SISTEMA DE CONTROL SUPERVISORIO Y ADQUISICIÓN DE DATOS (SCADA).**

Una vez analizada la cuantificación de materiales, la fuerza de trabajo y la selección del equipo requerido se procede a realizar los programas de obra para el proyecto de la automatización de la red nacional de gasoductos y lpg ductos para PEMEX Gas y Petroquímica Básica,

Otro aspecto que debe atender el Ingeniero Civil es el tramitar los permisos necesarios para la ejecución de los trabajos dentro de las instalaciones de PEMEX Gas y Petroquímica Básica.

### **5.1 Programación de obra para una estación tipo.**

Una vez que se ha completado la elaboración lógica del **proyecto ejecutivo** el siguiente paso es la generación de un programa de actividades mediante un diagrama de Gantt en que se consignan las actividades y los tiempos en que estos han de realizarse.

El tiempo de duración de una actividad se determina considerando, la oportunidad con la que se contará con los recursos. Por ejemplo, para ejecutar la cimentación del mástil se requiere de 16 horas hombre puede basarse en el número de ayudantes que se dediquen a su realización, sin embargo, la utilización eficiente de la mano de obra puede indicarnos que el personal que debe dedicarse a llevar a cabo esa actividad variará de dos a cuatro hombres, por lo que su duración fluctuará entre cuatro y ocho horas, dependiendo del número de trabajadores que se empleen.

Una vez que se ha estimado la duración de todas las actividades del proyecto, se puede proceder al cálculo de la duración total del mismo y a la determinación próxima de realización de cada actividad, para llevar a cabo estos cálculos se hacen las siguientes suposiciones:

- a) El proyecto se inicia en cero de tiempo relativo, tarea **cimentación del mástil**.
  
- b) No se debe de iniciar ninguna actividad sin antes haber completado las tareas de cuya ejecución depende ésta, no se puede colar sin antes haber realizado las tareas de: demolición de concreto existente, excavación, acarreo en carretilla, plantilla, acero y cimbra.

c) La realización de cada actividad debe iniciarse tan pronto como sea posible y en un orden logístico como: demoler, excavar, acarrear material producto de la demolición y excavación, colar plantilla de concreto, habilitar y colocar acero, cimbrar, colar , descimbrar y reponer firme de concreto.

d) Una vez iniciada cada actividad se ejecuta sin interrupción hasta ser terminada en el dado caso de algún imprevisto se tendrá que informar al personal asignado para realizar su reprogramación y contemplar su atraso en el programa de obra.

En el diagrama 5.1 se puede observar el programa de actividades para el caso de una estación tipo del sector Guadalajara, GU-006 correspondiente a gas LP ubicada en la colonia Toluquilla, su elaboración requirió los conocimientos necesarios tanto de ejecución de la obra como de la planeación de la misma, para poder llevar a buen término los trabajos.

#### **5.1.1 Programa de suministro de materiales.**

La necesidad obligada de saber cuantificar es muy importante ya que al elaborar programas se requiere conocer las cantidades de materiales a ocupar, de lo contrario se mandaría material en menor cantidad o en mayor por no conocer el total necesario, lo cuál se traduce en un incremento del costo de la obra debido a tiempo muerto de mano de obra o en su caso al desperdicio de materiales. Una vez cuantificado el total de los materiales se procede a la elaboración del programa de suministros de acuerdo al programa de obra, esto permite al constructor garantizar el cumplimiento de dicho programa.

#### **5.1.2 Programa de mano de obra.**

Los requerimientos de mano de obra en la ejecución de un proyecto, varían de acuerdo con el proceso que se desarrolla diariamente, y esto puede ser muy costoso e ineficaz, por lo que al planear permite varias alternativas y así mismo una solución práctica de programar los recursos humanos de manera uniforme para ejecutar el proyecto, ya que de otra manera, se pueden tener mano de obra ociosa, con el costo respectivo.

#### **5.1.3 Programa de mano de obra (personal técnico).**

De acuerdo con el programa de obra, y observando el grupo de actividades correspondientes, se define al personal técnico que será responsable de la ejecución de

actividades que desarrolla la mano de obra a su cargo. El Ingeniero Civil, tendrá que estar presente desde el primer momento de inicio de la obra, para poder coordinar los trabajos conjuntamente con el personal técnico y asimismo dar todas las instrucciones para que éstas se lleven a cabo.

## **5.2 Ejecución de los trabajos en una estación tipo**

### **5.2.1 Trazo de excavación para canalización subterránea de señales eléctricas e hidráulicas.**

Se inician los trabajos con un trazo general que regirá tanto las trayectorias de excavación, como el montaje de equipos o casetas, de acuerdo al proyecto ejecutivo, verificando los alcances de los trabajos a realizar y los procedimientos a aplicar.

Posterior al trazo se procede al corte del concreto con cortadora para concreto y después a la excavación de cepas para encofrar tanto las tuberías de conduit como de tubing (obra eléctrica e hidráulica) en concreto  $f'c=150 \text{ kg/cm}^2$  con dimensiones en función del número y diámetros de las tuberías. Todo lo anterior con el debido permiso tramitado ante PGPB además de la presencia de la supervisión.

### **5.2.2 Tipos de soportería para tuberías conduit y tubing.**

Además de la canalización subterránea, en que las tuberías se señalen eléctricas de los instrumentos de medición, se colocan en la zanja de excavación encofrándolas en concreto, se tiene canalización aérea, cuando exista algún riesgo al excavar o porque interfiera o cruce alguna trayectoria de la tubería del gas o ruta de escape para peatones, para ello, de acuerdo a normas de PEMEX se requiere de la fabricación de soportes a base de ángulo de 3"x1/8" y base de placa de 1/4", sobre los cuales, pasa la tubería conduit y tubing (acero inoxidable).

### **5.2.3 Diseño de concreto para reparación de pisos en estación tipo.**

Una vez terminadas las actividades que implicaron la demolición de pisos, se procede a reponerlos mediante placas de concreto  $f'c = 200 \text{ kg/cm}^2$  hechas y coladas en obra en forma alternada una sí, una no, de tal forma que sirva como fronteras al dejarlas alternadas ó siguiendo la modulación existente en la estación, acorde a normas de PEMEX, en las que se especifica dicha resistencia del concreto en pisos de circulación de personal y cuya dosificación deberá tomar en cuenta esa característica, el método de cálculo se describe a continuación.

Se entiende como dosificación del concreto al procedimiento mediante el cual se determinan las cantidades de cada uno de los elementos que lo integran, uno de los métodos es el del Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto (IMCYC) que es el que se utilizó para este fin.

**Datos básicos:**

Resistencia nominal: 200 kg/cm<sup>2</sup>

Revenimiento 10±3 cm

Variancia: 15%

Se acepta que el 15% de las muestras den resistencias por debajo de la especificada en proyectos pero en ningún caso debe ser menor al 80% de la misma.

Volumen de fabricación: 2m<sup>3</sup>

Sitio de colocación: andadores

<b>Cemento tipo I:</b>	$\gamma=1515$	kg/m <sup>3</sup>	Peso volumétrico
	$\gamma_e=3.1$		Densidad relativa
<b>Arena</b>	$\gamma=1560$	kg/m <sup>3</sup>	Peso volumétrico
	$\gamma_e=2.4$		Densidad relativa
	2.8		Módulo de finura
	1	%	Humedad
	3	%	Absorción
<b>Grava</b>	$\gamma=1570$	kg/m <sup>3</sup>	Peso volumétrico
	$\gamma_e=2.3$		Densidad relativa
	20	mm	Tamaño máximo del agregado
	1	%	Humedad
	2	%	Absorción

Cabe mencionar que la densidad relativa de un agregado es la relación de su peso respecto al peso de un volumen absoluto igual de agua (agua desplazada por inmersión).

Se usará en la determinación del volumen absoluto ocupado por el agregado

**Datos de control**

**Número de muestras**

Una por cada 5 m<sup>3</sup>

solo se realizará una muestra

**Desviación estándar**

Para un total de 1 muestra y una probabilidad de que quede bajos el 15% de las muestras:  $t=1.036$

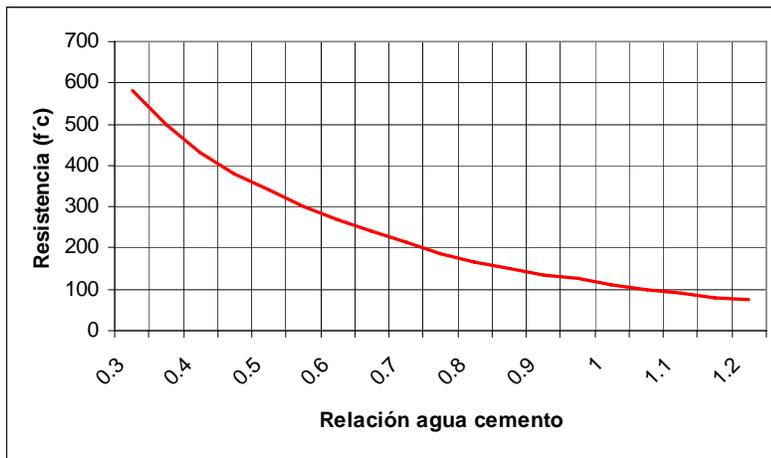
### Resistencia requerida

La resistencia promedio requerida ( $f_{cr}$ ) queda entonces en función de la variancia ( $v$ ) y desviación estándar ( $t$ ) como cociente de la resistencia entre la unidad menos la variancia por la desviación estándar

$$f_{cr} = f'c / (1 - t \cdot v) = 200 \text{ kg/cm}^2 / (1 - (1.036 \cdot 0.15))$$

$$f_{cr} = f'c / (1 - t \cdot v) = 233.93 \text{ kg/m}^2$$

### Relación agua/cemento (A/C)



Gráfica 5.2.3 a Relación agua-cemento

De la grafica anterior se obtiene  
A/C=0.64

### Determinación del agua (l/m³)

De la tabla siguiente, con base en el tamaño máximo del agregado (TMA) y el revenimiento de 10 cm se obtiene

$$\text{Agua} = 200 \text{ l/m}^3$$

Revenimiento (mm)	Cantidad de Agua							
	Kg/m3 de concreto para agregados de tamaño máximo							
	10 mm	12.5 mm	20 mm	25 mm	40 mm	50 mm	70 mm	150 mm
30 a 50	205	200	185	180	160	155	145	125
80 a 100	225	215	200	195	175	170	160	140
150 a 180	240	230	210	205	185	180	170	150
Contenido de aire atrapado (porcentaje)	3.0	2.5	2.0	1.5	1	0.5	0.3	0.2

Tabla 5.2.3 b Cantidad aproximada de agua de mezclado para diferentes revenimientos y tamaños máximos de agregados

### Cantidad de Cemento

Se obtiene dividiendo la cantidad de agua entre la relación agua/cemento

$$\text{Cemento} = 200/0.64 \quad 312.5 \text{ kg/m}^3$$

### Cantidad de Grava

De acuerdo con la tabla siguiente para un TMA de 20mm y un módulo de finura de 2.8 se obtiene un volumen del 62%

$$\text{En peso} = 0.62 \times 1570 = 973.4 \text{ kg por cada m}^3$$

Cantidad de grava				
Tamaño máximo del agregado (mm)	Volumen de agregado grueso compactado con varilla, por volumen de concreto para módulo de finura de la arena de:			
	2.40	2.60	2.80	3.00
10	0.50	0.48	0.46	0.44
12.5	0.59	0.57	0.55	0.53
20	0.66	0.64	0.62	0.6
25	0.71	0.69	0.67	0.65
40	0.75	0.73	0.71	0.69
50	0.78	0.76	0.74	0.72
70	0.82	0.80	0.78	0.76
150	0.87	0.85	0.83	0.81

Tabla 5.2.3 c Determinación de la cantidad de grava.

### Cantidad de arena

Cantidad de arena se obtendrá por diferencia de volumen respecto al total de la mezcla que es 1 m<sup>3</sup>.

Las cantidades de ingredientes se calculan en volumen absoluto en función de la densidad relativa, resultando:

Cemento	314kg/(3.1x1000)	0.101 m <sup>3</sup>	
Agua	200kg(1x1000)	0.200 m <sup>3</sup>	
Grava	973.4kg(2.3x1000)	0.423 m <sup>3</sup>	
Aire atrapado	2%	0.020 m <sup>3</sup>	
	<b>Suma</b>	<b>0.744 m<sup>3</sup></b>	
Arena		0.256 m <sup>3</sup>	para completar 1 m <sup>3</sup>
	<b>Total</b>	<b>1.000 m<sup>3</sup></b>	

Peso de la arena seca

$$0.256\text{m}^3 \times (2.4 \times 1000) = 614.4 \text{ kg}$$

Considerando la humedad de los materiales

$$\text{Grava húmeda} = 973.4\text{kg} \times 1.01 = 982.73 \text{ kg}$$

$$\text{Arena húmeda} = 614.4\text{kg} \times 1.01 = 620.54 \text{ kg}$$

posteriormente se ajusta la cantidad de agua considerando la absorción de los materiales

Agua superficial

$$\text{grava: } 2.0 - 1.0 = 1\%$$

Agua superficial

$$\text{arena: } 3.0 - 1.0 = 1\%$$

$$\text{Agua necesaria: } 200 + ((973.4\text{kg} \times 0.01) + (614.4\text{kg} \times .02)) =$$

$$\text{Agua } 222.02 \text{ l}$$

Finalmente, se obtiene el proporcionamiento volumétrico, tomando al cemento como unidad de volumen.

Cemento	314kg/1.515kg/m <sup>3</sup>	0.21 m <sup>3</sup>	1:00
Grava	973.4kg/1.570kg/m <sup>3</sup>	0.62 m <sup>3</sup>	2.99
Arena	614.4kg/1.560kg/m <sup>3</sup>	0.39 m <sup>3</sup>	1.90
Agua	222.02kg/1000	0.22 m <sup>3</sup>	1.07

La mezcla se realiza como sigue para un concreto con  $f'c=200\text{kg/cm}^2$  Rev.10 cm

Material	Cantidad
Cemento	1:00
Grava	2.99
Arena	1.90
Agua	1.07

#### 5.2.4 Preparación para el montaje de la caseta prefabricada.

Para realizar el montaje de la caseta el Ingeniero debe de contar primero con el permiso correspondiente de PEMEX; teniendo éste se ejecuta el trazo en donde va a quedar situada para realizar la demolición del piso de concreto existente y la excavación de 20 cm en el terreno para alojar una cama de arena que distribuirá uniformemente la carga de

la caseta al terreno natural; una vez realizado esto, se procede al montaje de la caseta por medio de una grúa.

### **5.2.5 Diseño de cimentación de mástil para pararrayos.**

Se procede a la excavación para la cimentación del mástil o torre con el procedimiento descrito anteriormente y se elabora la cimentación de acuerdo a los planos de ingenierías, con una losa de cimentación armada con varillas (vs) del número (#) 4, centro a centro (@) 15 cm en ambos sentidos y un dado-columna armado con 6 vs del # 4 y estribos del #3 @ 20cm que alojará las anclas tal como se indica en la fig. 4.7.4.c.

### **5.2.6 Programación de obra en sure trak project manager (ejemplo).**

Para que el Ingeniero Civil tome decisiones debe disponer de información pertinente y oportuna, debe tener en cuenta que quien toma decisiones hoy en día, está lleno de documentos, por lo regular toda esta información desorganizada y desconectada con el problema en cuestión.

Antes de que tome el Ingeniero una decisión, debe considerar ciertas cuestiones específicas. Por ejemplo: ¿Cuáles son los recursos que necesito para iniciar una obra y si estos existen?, ¿Cuándo debe hacerse la decisión?, ¿Cuáles serán las consecuencias si la decisión se retrasa?, ¿Cuáles son los riesgos? En la administración de proyectos ya sean grandes o pequeños el no tener la respuesta a éstas y a otras preguntas básicas puede resultar costoso y aún desastroso. Los altos costos crecientes de equipo inadecuado, la mano de obra inadecuada y la pérdida de tiempo, deben controlarse. Deben encontrarse medios para desarrollar mejores planes para los proyectos, el los recursos en forma oportuna y suficiente para sus actividades y controlar mediante un seguimiento todos sus aspectos, con actividades muy importantes.

Para ello surge una herramienta de trabajo para apoyo del Ingeniero Civil que se llama Project (sistema de software para la computadora) en donde los elementos básicos son un diagrama y una ruta crítica; el diagrama es un modelo del proyecto en conjunto, en que se anotan las actividades y mediante flechas se determina su secuencia teniendo en cuenta el tiempo requerido para realizar cada actividad; se usa para determinar la ruta crítica.

Para el caso de la obra de que trata este trabajo escrito se anexa programa de obra elaborado en Sure Trak Project Manager.

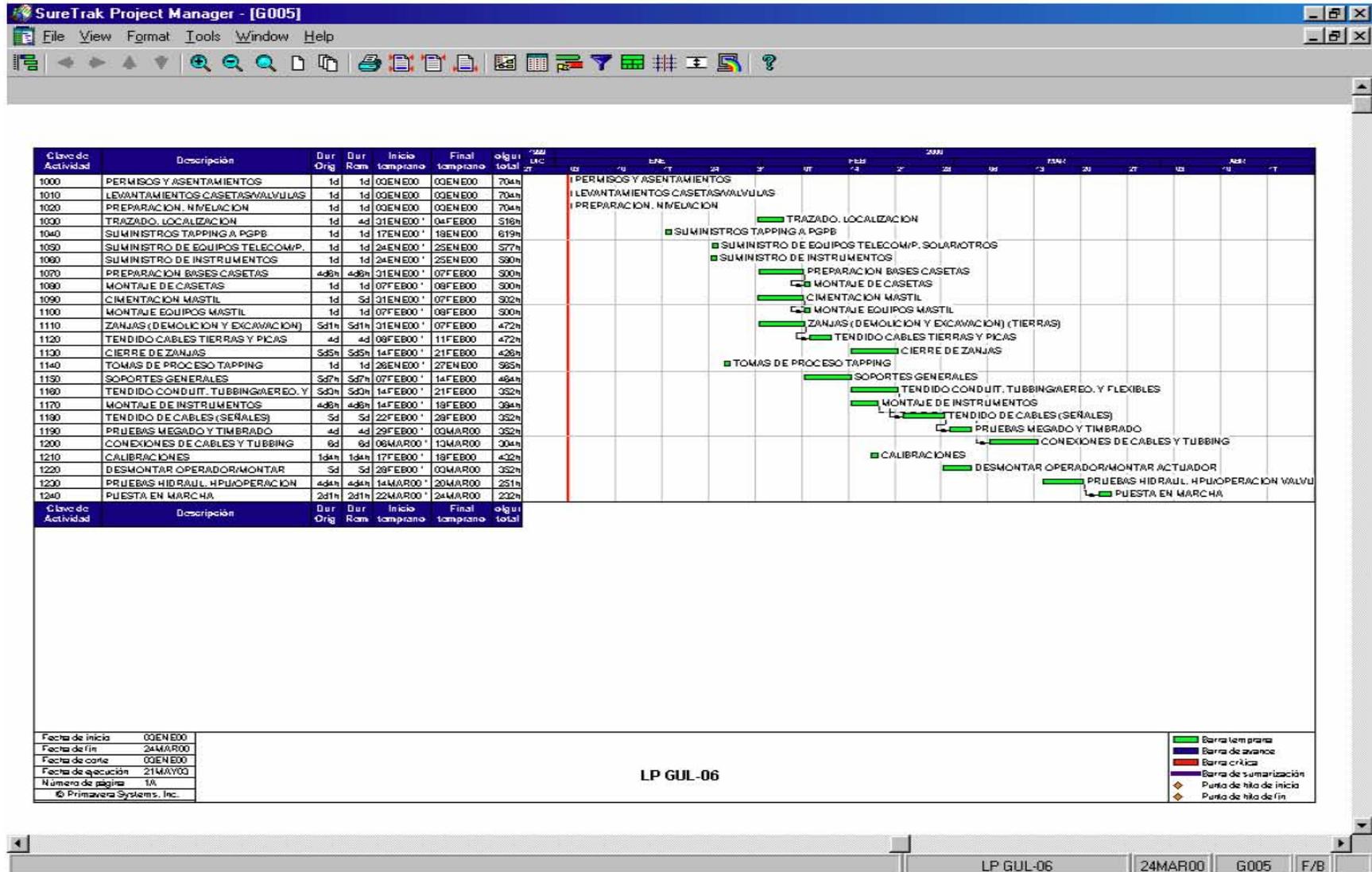


Figura 5.2.6 a Ejemplo de programación de obra en una estación tipo.

### **5.3 Procedimiento de excavación.**

#### **5.3.1 Introducción.**

En toda supervisión que realice el Ingeniero Civil y la de una excavación no es la excepción debe de contar con documentos que proporcione el “cliente”, en que se indiquen las características de la obra que se supone cumplen con las características de la obra, que se supone cumplen con las especificaciones establecidas por el “cliente”. En el caso particular del “cliente PEMEX” se cumple estrictamente con lo antes anotado.

Si por alguna razón la empresa (cliente) no cuente con la documentación antes mencionada, por ejemplo no indica los procedimientos constructivos, el Ingeniero Civil debe ser capaz de formularlos apoyándose en la formación que recibe en la Facultad de Ingeniería, respecto a conocimientos técnicos apoyándose también en lo anotado en manuales y desde luego con su propia experiencia profesional.

Cabe mencionar que PEMEX en su proyecto denominado “Construcción e Integración del Sistema de Control de Supervisión y de Adquisición de Datos” (SCADA) ya cuenta con procedimientos anotados en formatos como son: Procedimiento para el montaje de caseta prefabricada y montaje de “actuador” sobre la línea de un gasoducto o línea para gas licuado de petróleo (lpg-ducto), además se tienen formatos correspondientes a: Permiso para excavación: para trabajo en frío; para trabajo en caliente; para aislamiento eléctrico, para entrar a espacios confinados, además se cuenta con un manual de seguridad. Todo lo descrito apoya la labor de supervisión del Ingeniero Civil. (Se anexan los formatos).

#### **5.3.2 Objetivo.**

Este documento tiene por finalidad adentrarse en la actividad de supervisor que desarrolla el Ingeniero Civil con respecto al procedimiento constructivo en la generación de la excavación para alojar la estructura de concreto del mástil mencionado en el capítulo 4, de acuerdo a las especificaciones que marca el proyecto “Construcción e Integración del Sistema de Control de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA) para la Automatización de la Red Nacional de Gasoductos y LPG ductos (línea de gas licuado) de PEMEX Gas y Petroquímica Básica.

### **5.3.3 Alcance.**

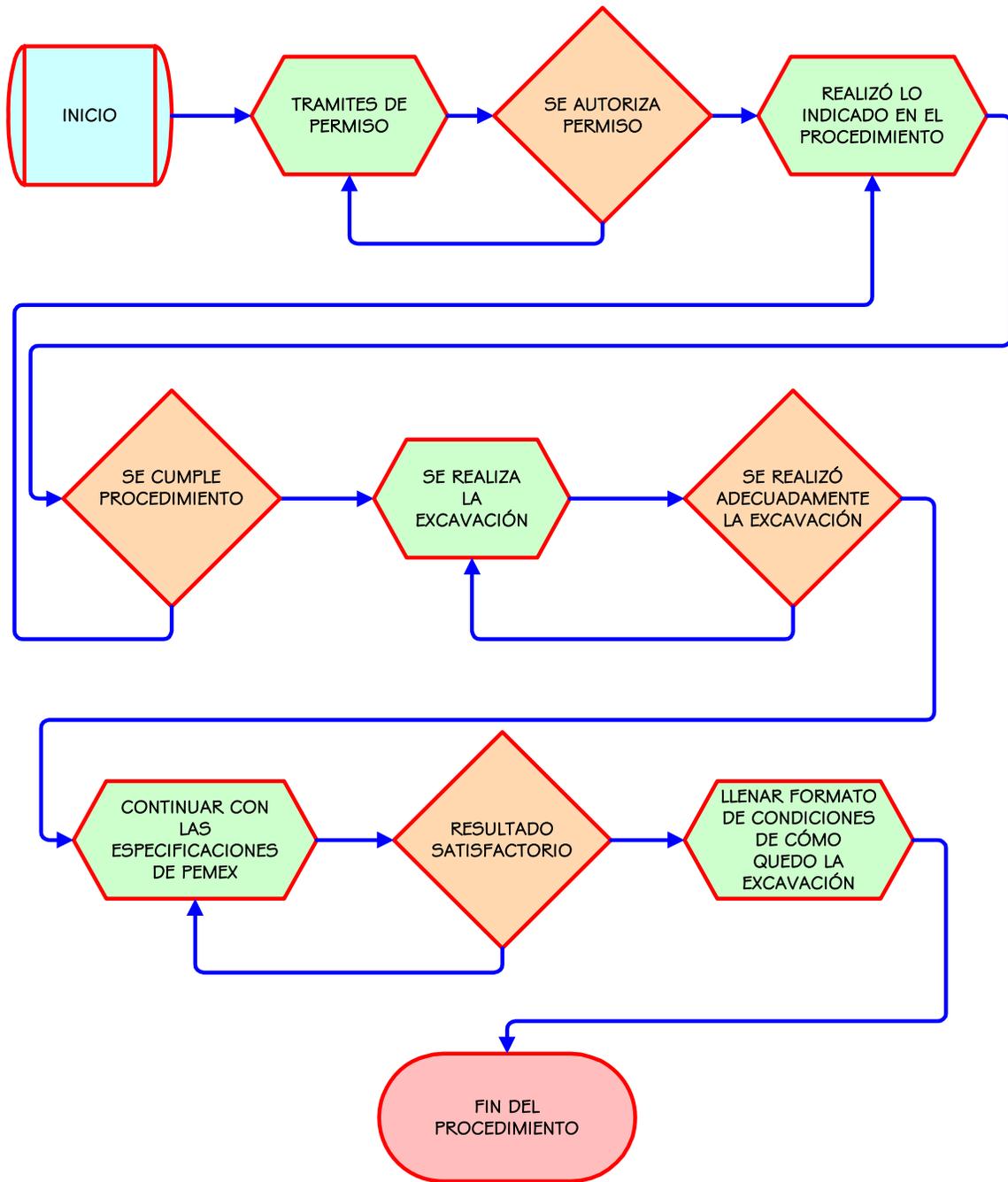
Este documento enumera y describe todas las actividades que el Ingeniero Civil debe llevar acabo en la ejecución de la excavación mencionada y de las precauciones que se deben tener.

A continuación se anotan los aspectos principales a considerar en un procedimiento.

- **Diagrama de flujo.**
- **Detallar cada uno de los pasos que se anotan en el diagrama de flujo.**
- **Conocer las abreviaturas (siglas) que se emplean por PEMEX.**
- **Documentos de referencia.**
- **Definiciones relevantes.**

### **5.3.4 Diagrama de flujo:**

El diagrama de flujo es la secuencia ordenada de pasos a seguir que se reflejan en un procedimiento y su generación es producto de la Ingeniería Civil que así lo ha hecho y como resultado la Industria Petrolera Mexicana cuenta ya con el que se indica en la siguiente pagina.



### **5.3.5 Desarrollo de procedimiento.**

Como consecuencia de contar con el diagrama de flujo, el procedimiento se desarrolla considerando la secuencia en él asignada apoyándose también en la existencia y de formatos que permiten tener conocimiento de cómo se esta desarrollando la excavación y el grado de cumplimiento de las medidas de seguridad, indicadas en el proyecto SCADA.

De acuerdo con la experiencia de los autores de este escrito, una de las actuaciones críticas frecuentes es la falla de las paredes de la excavación; por ello es necesario que el Ingeniero Civil conozca los tipos de falla más comunes que ocurren en los diferentes tipos de suelos y el como ejecutar la excavación para evitar o disminuir el riesgo de falla del terreno.

#### **Falla por deslizamiento superficial.**

Cualquier talud está sujeto a fuerzas que tienden a hacer que el suelo en que se ha ejecutado o ejecute el talud deslice hacia el desequilibrio en ocasiones puede producirse por un aumento en las cargas actuantes en la corona del talud, provocado por el acumulamiento del material producto de la propia excavación.

#### **Falla por erosión.**

Este tipo de fallas son de tipo superficial provocadas por arrastre de viento o agua en los taludes. Una manifestación típica de la falla suele ser la aparición de irregularidades en el talud como por ejemplo cuando éste se ha efectuado en suelo de comportamiento friccionante “arena, tezontle o mezclas con menos del 12 % de suelo fino”.

Con base en lo descrito anteriormente se procede a tomar en cuenta lo siguiente:

Para excavar y alojar la estructura del mástil a 1.50 m de profundidad se determina visualmente el tipo de suelo en cuanto a su comportamiento mecánico y se decide que clase de protección contra derrumbes es necesaria llevar a cabo, asimismo se supervisa la operación diariamente y después de cada lluvia o nevada, se revisa que no exista peligro de introducir al personal de excavación si este existiera se debe de esperar hasta que sea confiable la entrada.

Es muy probable que se acumulen gases en la excavación por lo que como medida de seguridad se debe de contar con un detector de mezclas explosivas para tener la seguridad de introducir al personal para excavar, al estar seguro de lo anterior se revisa que el área a excavar cuente con suficiente oxígeno, el ingeniero responsable debe de estar en el sitio cuando alguien este trabajando en o alrededor de la excavación.

Una acción a llevar a cabo para mejorar el equilibrio del talud de la excavación es apuntalarlo, ello ocurre cuando el material del talud presenta humedad excesiva y/o presenta grietas, si se requiere apuntalar la excavación se inspecciona primeramente que los taludes verticales no estén húmedos o agrietados.

Cuando llueve es necesario revisar que no se acumule agua en la excavación si hubiese este problema se requiere bombear y desde luego no introducir a la gente hasta que se haya verificado que esté libre de agua.

El producto de la excavación debe de mantenerse fuera de ésta alejándola por lo menos a 60 cm de la orilla de la excavación con el objeto de disminuir el riesgo de falla por deslizamiento superficial, si ello no es posible se deben de contemplar medidas de retención adecuadas para prevenir un derrumbe, lo mismo aplica para todas las herramientas, equipo y otros materiales.

Una actividad importante del Ingeniero Civil, en este tipo de obras, es la gestoría que realiza a continuación se describe la secuencia para obtener el permiso de llevar a cabo la excavación que se debe tramitar ante PEMEX:

El Ingeniero Civil tramita el permiso ante las oficinas de PEMEX Gas y Petroquímica Básica expresando que ejecutará la excavación en el lugar requerido.

Una vez otorgado el permiso, se llena formato que entrega PEMEX Gas y Petroquímica Básica quién dará el visto bueno que el formato que permitirá iniciar la ejecución de los trabajos.

Algunas características especiales de la obra determina que: se requiere protección contra incendio para ello, invariablemente deberá esperar al personal de contra incendio,

antes de dar inicio a las actividades, y siempre con la correspondiente orden de trabajo autorizada.

Previo a la ejecución de la excavación deberán determinarse la localización aproximada de las instalaciones subterráneas que de manera razonable pudieran encontrarse durante la excavación obras ocultas con el fin de hacer notar que los trabajos a ejecutar sufrirán un atraso donde el Ingeniero Civil debe de informar inmediatamente lo sucedido para que se tome en cuenta de que se debe de cambiar la ruta de excavación con el visto bueno de PEMEX.

El ingeniero civil debe de proteger y señalar el área a excavar adecuadamente (cercas, alambres, reflejantes, señales, luminosas, etc.) de acuerdo a los requerimientos de PEMEX.

El ingeniero civil encargado de realizar la excavación deberá ser acompañado por personal asignado por PEMEX para realizar la inspección del lugar antes de iniciar el trabajo y cuantas veces sea necesario a lo largo del desarrollo del mismo.

Cuando el ingeniero responsable de la excavación encuentre un peligro como un derrumbe, indicaciones de falla en el sistema de protección, condiciones atmosféricas peligrosas u otras condiciones asociadas, deberá retirar el personal del área de trabajo hasta que se hayan tomado las precauciones necesarias que garanticen su seguridad.

Para realizar excavaciones de 1.20 m o mas de profundidad se debe de colocar escaleras rampas u otros medios de seguridad para salir de los mismos, de tal manera que no se necesiten recorrerse por los trabajadores mas de 9.0 para que vía de escape lateral.

El Ingeniero Civil responsable de la excavación deberá asegurarse que sus trabajadores se encuentren a salvo de derrumbes mediante un sistema adecuado de protección, excepto cuando las excavaciones sean menores de 1.50 m de profundidad y se cuente con el análisis de la mecánica de la formación natural en que se efectuará la excavación que garantice tal seguridad proporcionado por la empresa PEMEX.

Para la entrega de la obra, la empresa deberá verificar y evaluar que se ha cumplido con lo inducido en lo mencionado en las especificaciones y por ello se cuenta con un formato el cual se anexa en este trabajo escrito, cuyo llenado permite, en principio cumplir con lo anotado.

**El formato toma en cuenta lo siguiente:**

La formalidad del Ingeniero Civil en avisar y solicitar el permiso para realizar la excavación en día y hora solicitada.

Plasmar en el permiso el lugar donde realizará la excavación.

Que personal de PEMEX verifique que el lugar solicitado a excavar se encuentre exento de instalaciones energizadas, cables eléctricos, tuberías en proceso, líneas de agua, drenajes, alcantarillas y trincheras.

Para que PEMEX otorgue la autorización de realizar la excavación al Ingeniero Civil se tuvo que aprobar el punto anterior y haber revisado a éste que haya preparado lo necesario tomando las precauciones pertinentes para realizar los trabajos de excavación.

Verificar por parte de PEMEX que los trabajos de excavación que ejecutó el Ingeniero Civil se realizaron satisfactoriamente.

Se concluye con llenar en el formato que se ejecutó correctamente el trabajo de la excavación.

**5.3.6 Siglas.**

PEMEX.- Petróleos Mexicanos.

PGPB.- PEMEX Gas y Petroquímica Básica.

SCADA.- Sistema de Control Supervisorio y Adquisición de Datos

PEX.- Permiso de Excavación

PTF.- Permiso para Trabajo en Frío

PTC.- Permiso para Trabajo en Caliente

### **5.3.7 Documentos de referencia.**

Calidad de la Elaboración de Especificaciones y Procedimientos (PGPB).

Aspectos Fundamentales del Concreto Reforzado, González Cuevas, Oscar y Robles, Francisco, Editorial Limusa.

Manual de Seguridad Industrial de PEMEX Gas y Petroquímica Básica.

Mecánica de Suelos (tomo I) E. Juárez Badillo / A. Rico Rodríguez, Editorial Limusa.

Memoria de Cálculo de los Sectores de PEMEX Gas y Petroquímica Básica.

Normas Técnicas Complementarias para Diseño por Viento del Reglamento de Construcciones para el D.F. (NTC RCDF)

Structural Standards for Steel Antenna Towers and Antenna Supporting Structures - EIA/TIA -222-E – 1991

Reglamento de Construcciones para el D.F. (NTC RCDF)

### **5.3.8 Definiciones relevantes.**

Un aspecto que permite el que la supervisión de una obra, se dé con fluidez, eficiencia y eficacia, es que exista una comunicación de calidad entre los elementos humanos involucrados, y para ello entre otros casos ha resultado satisfactorio contar con un “glosario de términos”, una parte de él se indica a continuación.

Riesgo.

Es una condición potencial que puede causar lesiones al personal, daños al equipo o estructura, pérdida de material o reducción de la habilidad para desarrollar una función establecida.

Cuando un riesgo está presente existe la posibilidad de que ocurran efectos adversos.

Peligro.

Se expresa como una relativa exposición al riesgo, un riesgo puede estar presente pero éste puede ser pequeño debido a las precauciones que se tomen.

Daño

Es la severidad de la lesión física, funcional o pérdida de material que resultaría si se pierde el control del riesgo.

Áreas de riesgo

Se consideran áreas de riesgo a los lugares donde se pueden suscitar los siguientes eventos:

Existan de modo continuo o periódico concentraciones de gases o vapores inflamables.

Se procesen, manejen o usen gases o líquidos volátiles inflamables.

Exista la presencia de combustibles gaseosos, líquidos o sólidos que ofrezcan posibilidad de incendio y/o explosión.

Instalación y/o equipo que opere altas presiones y/o temperaturas.

Inhalación y/o equipo que maneje productos tóxicos o corrosivos.

Inhalación y/o equipo que se encuentre a mas de 10 m de altura de una plataforma o excavación a mas de 1.2 m de profundidad, túneles y pozos en general.

Inhalación y/o equipo que opere con alta tensión.

Instalación y/o equipo que genere ruido, radiación, ionizaciones y/o radiación térmica, arriba de los voladores establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Incidentes.

Se refiere a cualquier situación no planeada o deseada que interrumpa el trabajo se consideran incidentes, las situaciones que gracias a la pronta atención no se convirtieron en accidentes.” por poco ”

Accidente.

Se refiere a cualquier situación no planeada ni considerada que resulte en lesiones personales, daños físicos a las propiedades, fuga o derrame de sustancias peligrosas o incluso hasta la muerte.

Trabajo con riesgo.

Es aquel que se realiza en una área riesgosa o cerca de ella, con equipo que produce calor, flama o chispa con energía suficiente para provocar la ignición de gases o vapores de líquidos inflamables. Así mismo se consideran aquellos que por su naturaleza o por las condiciones del área de trabajo y sus alrededores y/o naturaleza de las sustancias manejadas generan una condición de peligro para quienes los efectúen.

Permiso para la ejecución de trabajo con riesgo.

Formato de PGPB, a través del cual, el jefe de operación de la instalación, el ejecutor, el ingeniero de seguridad y de mantenimiento de PGPB establecen las medidas preventivas y condiciones bajo las cuales deben realizarse el trabajo con riesgo.

LEL (Límite inferior de explosividad de un gas o vapor)

Es la concentración más alta (el más alto porcentaje de una sustancia en el aire) que produce una flama o un fuego en presencia de una fuente de ignición. A concentraciones mayores, la mezcla es demasiado rica en concentración y no arde con facilidad por falta de oxígeno.

## Mata-chispa

Dispositivo diseñado con el fin de prevenir la salida de partículas incandescentes producto de la combustión interna de los motores hacia el exterior.

### 5.3.9 Formatos de procedimientos usados en PEMEX.

#### 5.3.9.1 Permiso para excavación.

<b>PERMISO PARA EXCAVACIÓN</b>		<b>PEX No. 00001</b>
<b>SE AUTORIZA AL ING. CIVIL O A QUIEN SE DESIGNE:</b>		
<b>VALIDO PARA: TURNO 1</b> <input type="radio"/> <b>2</b> <input type="radio"/> <b>3</b> <input type="radio"/> <b>OTRO</b> <input type="radio"/> <b>ESPECIFICAR</b>		<b>FECHA:</b>
ORDEN: No. DE OPERACIÓN: UBIC. TÉCNICA: DIBUJO/PLANO No.	TRABAJO A REALIZAR:	PERMISO PRINCIPAL PTC No. _____ PTF No. _____
<b>CROQUIS DEL LUGAR/ ÁREA:</b>		
<b>AUTORIZACIÓN PARA INICIAR LOS TRABAJOS:</b>		
<b>HE VERIFICADO QUE:</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b> <b>INSTRUCCIONES ESPECIALES</b>
EL ÁREA ESTA EXENTA DE INSTALACIONES ENERGIZADAS Y LIBRES DE CABLES ELÉCTRICOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
EL ÁREA ESTA LIBRE DE TUBERÍAS Y CABLES DE INSTRUMENTOS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
EL ÁREA ESTA LIBRE DE TUBERÍAS DE PROCESO, SERVICIOS AUXILIARES Y DE LÍNEAS DE AGUA CONTRA INCENDIO.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
EL ÁREA ESTA LIBRE DE TUBERÍAS/DRENAJES, ALCANTARILLAS, TRINCHERAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
JEFE DE OPERACIÓN:		
NOMBRE: _____	FIRMA: _____	FECHA/HORA _____
<b>REALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS:</b>		
HE PREPARADO TODO LO NECESARIO Y HE TOMADO LAS PRECAUCIONES PERTINENTES PARA REALIZAR LOS TRABAJOS DE EXCAVACIÓN EN EL ÁREA DESIGNADA, POR LO QUE ESTOY DE ACUERDO EN EJECUTARLOS DE MANERA SEGURA Y RESPONSABLE.		
INGENIERO CIVIL O DESIGNADO ( DEPARTAMENTO DE MANTENIMIENTO ):		
NOMBRE: _____	FIRMA: _____	FECHA/HORA _____
<b>TERMINACIÓN DE LOS TRABAJOS:</b>		
VERIFIQUE PERSONALMENTE QUE LOS TRABAJOS QUE REQUIRIERON DE LA EXCAVACIÓN SE TERMINO SATISFACTORIAMENTE. POR ELLO ESTE PEX SE DA POR TERMINADO.		
JEFE DE OPERACIÓN:		
NOMBRE: _____	FIRMA: _____	FECHA/HORA _____

### 5.3.9.2 Permiso para trabajo en frío.

<b>PERMISO PARA TRABAJO EN FRÍO</b>						<b>PTF No. 00001</b>
<b>SECTOR DE DUCTOS</b>						
PERMISO VÁLIDO PARA UN SOLO TURNO, CON UNA EXTENSIÓN DE 30 MINUTOS. ADVERTENCIA: ESTE PERMISO ES SOLO PARA PERSONAL CALIFICADO Y CON EXPERIENCIA EN TRABAJOS INDUSTRIALES						
SE AUTORIZA AL ING. ENCARGADO DEL TRABAJO: PUESTO:					DEPTO:	
VALIDO PARA: TURNO		1 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	OTRO <input type="checkbox"/>	Especificar: _____
						FECHA: / /
Orden:	PARA LLEVAR A CABO EL TRABAJO DE:				PERMISOS COMPLEMENTARIOS	
No. De operación:					ESPACIO CONFINADO	PEEC No. _____
Ubic. Técnica:					AISLAMIENTO ELÉCTRICO	PAE No. _____
Dibujo/Plano No.					EXCAVACIÓN	PEX No. _____
					RADIOGRAFIADO	PRX No. _____
<b>OPERACIÓN</b>	ANÁLISIS Y VERIFICACIÓN DEL JEFE DE OPERACIÓN			Verificó		Verificó
		SI	NO	iniciales	SI	NO
	<ul style="list-style-type: none"> <li>° Deberá estar el equipo fuera de operación</li> <li>° Eléctricamente aislado/etiqueta-candado-prueba</li> <li>° Válvulas bloqueadas-etiqueta-candado o junta ciega</li> <li>° Depresionado-purgado-venteado</li> <li>° Lavado vaporizado/inertizado y aireado</li> <li>° Aire respirable/ventilación natural o artificial</li> <li>° Pudo quedar producto peligroso atrapado</li> <li>° Se requiere la instalación de andamios industriales</li> </ul>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	ANTECEDENTES Ó INSTRUCCIONES ESPECIALES ¿ SE UTILIZARÁ PERMISO ESPECIAL PARA DESFOGUES SI      NO      ?			REQUERIMIENTOS ADICIONALES DE PROTECCIÓN PERSONAL Careta protección facial <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
				Guantes de neopreno <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
				Goggles contra químicos <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
				Traje contra ácido <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
				Purificador de aire <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
				Mandil/impermeable <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
				Monja a pruebas de salpicaduras <input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>
<b>PRUEBAS DE GASES</b>	GAS ANALIZADO	RESULTADO	HORA	NOMBRE DEL ING. DE SEGURIDAD	FIRMA	
<b>APROBACIONES</b>	He verificado personalmente el lugar de trabajo y el equipo y garantizado que están en condiciones confiables para iniciar el trabajo.					
	JEFE DE OPERACIÓN: NOMBRE: _____ FIRMA: _____ HORA: _____ h FECHA: / /					
	He verificado personalmente que se tomaron las precauciones pertinentes, y estoy de acuerdo en realizar el trabajo de manera segura.					
	INGENIERO DE MANTENIMIENTO: NOMBRE: _____ FIRMA: _____ HORA: _____ h FECHA: / /					
	He verificado personalmente que se tomaron las precauciones pertinentes, He realizado las pruebas de gases requeridas y garantizo que el trabajo puede realizarse en óptimas condiciones de seguridad. INGENIERO DE SEGURIDAD: NOMBRE: _____ FIRMA: _____ HORA: _____ h FECHA: / /					
Apruebo la extensión de 30 minutos de este PTF: JEFE DE SECTOR: NOMBRE: _____ FIRMA: _____ HORA: _____ h FECHA: / /						
<b>TERMINACIÓN</b>	El trabajo se terminó en su totalidad a las:					EL TRABAJO SE SUSPENDIÓ A LAS:
	INGENIERO ENCARGADO DEL TRABAJO NOMBRE: _____ FIRMA: _____ HORA: _____ h FECHA: / /					h FECHA: / /
	INGENIERO DE MANTENIMIENTO: NOMBRE: _____ FIRMA: _____ HORA: _____ h FECHA: / /					<input type="checkbox"/> Condiciones inseguras presentes <input type="checkbox"/> Violación a requerimientos del permiso <input type="checkbox"/> Trabajador lesionado o incapacitado <input type="checkbox"/> Otros motivos, especifique: _____
	Revisé el área de trabajo y la encontré limpia y ordenada. También revisé el equipo y la instalación adyacente y en contré que todo quedó bien colocado/instalado, completo, tornillería apretada, hermético, totalmente disponible y en condición segura para su puesta en servicio. Por lo tanto, los trabajos amparados en este PTF los declaro completamente terminados.					NOMBRE: _____
	INGENIERO DE OPERACIÓN: NOMBRE: _____ FIRMA: _____ HORA: _____ h FECHA: / /					PUESTO: _____ FIRMA: _____

ORIGINAL: Para el ingeniero encargado del trabajo. COPIA AZUL. Debe exhibirse en el Cuarto de Control. COPIA VERDE. Debe colocarse en el lugar de trabajo. Al terminar los trabajos enviar original del PTF a Seguridad para la estadística.

### 5.3.9.3 Permiso para trabajo en caliente.

<b>PERMISO PARA TRABAJO EN CALIENTE</b>						<b>PTC No. 00001</b>
<b>SECTOR DE DUCTOS</b>						
PERMISO VÁLIDO PARA UN SOLO TURNO, CON UNA EXTENSIÓN DE 30 MINUTOS.						
ADVERTENCIA: ESTE PERMISO ES SOLO PARA PERSONAL CALIFICADO Y CON EXPERIENCIA EN TRABAJOS INDUSTRIALES						
SE AUTORIZA AL ING. ENCARGADO DEL TRABAJO:		PUESTO:		DEPTO:		
VALIDO PARA: TURNO 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> OTRO <input type="checkbox"/> Especificar: _____ FECHA: / /						
Orden: _____		PARA LLEVAR A CABO EL TRABAJO DE:		PERMISOS COMPLEMENTARIOS		
No. De operación: _____		Ubic. Técnica: _____		ESPACIO CONFINADO PEEC No. _____ AISLAMIENTO ELÉCTRICO PAE No. _____ EXCAVACIÓN PEX No. _____ RADIOGRAFIADO PRX No. _____		
Dibujo/Plano No. _____						
OPERACIÓN	ANÁLISIS Y VERIFICACIÓN DEL JEFE DE OPERACIÓN			Verificó		
	* Deberá estar el equipo fuera de operación * Eléctricamente aislado/etiqueta-candado-prueba * Válvulas bloqueadas-etiqueta-candado o junta ciega * Depresionado-purgado-venteado * Lavado vaporizado/inertizado y aireado * Aire respirable/ventilación natural o artificial * Pudo quedar producto peligroso atrapado * Se requiere la instalación de andamios industriales * Pruebas de Gases: Explosividad, Toxicidad, Oxígeno	SI	NO	Verificó iniciales	SI	NO
ANTECEDENTES Ó INSTRUCCIONES ESPECIALES ¿ SE UTILIZARÁ PERMISO ESPECIAL PARA DESFOGUES SI NO ?						
REQUERIMIENTOS ADICIONALES DE PROTECCIÓN PERSONAL Careta protección facial <input type="checkbox"/> Guantes de neopreno <input type="checkbox"/> Goggles contra químicos <input type="checkbox"/> Guantes de cuero <input type="checkbox"/> Traje contra ácido <input type="checkbox"/> Guantes para calor <input type="checkbox"/> Purificador de aire <input type="checkbox"/> Botas de neopreno <input type="checkbox"/> Mandil/impermeable <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/> Monja a pruebas de salpicaduras <input type="checkbox"/>						
PRUEBAS DE GASES	GAS ANALIZADO	RESULTADO	HORA	NOMBRE DEL ING. DE SEGURIDAD	FIRMA	
APROBACIONES	He verificado personalmente el lugar de trabajo y el equipo y garantizado que están en condiciones confiables para iniciar el trabajo.					
	JEFE DE OPERACIÓN: NOMBRE: _____ FIRMA: _____ HORA: h FECHA: / /					
	He verificado personalmente que se tomaron las precauciones pertinentes, y estoy de acuerdo en realizar el trabajo de manera segura. INGENIERO DE MANTENIMIENTO: NOMBRE: _____ FIRMA: _____ HORA: h FECHA: / /					
	He verificado personalmente que se tomaron las precauciones pertinentes, he realizado las pruebas de gases requeridas y garantizo que el trabajo puede realizarse en óptimas condiciones de seguridad. INGENIERO DE SEGURIDAD: NOMBRE: _____ FIRMA: _____ HORA: h FECHA: / /					
Apruebo la extensión de 30 minutos de este PTC: JEFE DE SECTOR: NOMBRE: _____ FIRMA: _____ HORA: h FECHA: / /						
TERMINACIÓN	El trabajo se terminó en su totalidad a las:				EL TRABAJO SE SUSPENDIÓ A LAS:	
	INGENIERO ENCARGADO DEL TRABAJO				h FECHA: / /	
	NOMBRE: _____ FIRMA: _____ HORA: h FECHA: / / INGENIERO DE MANTENIMIENTO: NOMBRE: _____ FIRMA: _____ HORA: h FECHA: / /				o Condiciones inseguras presentes o Violación a requerimientos del permiso o Trabajador lesionado o incapacitado o Otros motivos, especifique: _____	
	Revisé el área de trabajo y la encontré limpia y ordenada. También revisé el equipo y la instalación adyacente y encontré que todo quedó bien colocado/instalado, completo, tornillería apretada, hermético, totalmente disponible y en condición segura para su puesta en servicio. Por lo tanto, los trabajos amparados en este PTC los declaro completamente terminados. INGENIERO DE OPERACIÓN: NOMBRE: _____ FIRMA: _____ HORA: h FECHA: / /				NOMBRE: _____ PUESTO: _____ FIRMA: _____	
ORIGINAL: Para el ingeniero encargado del trabajo. COPIA AZUL. Debe exhibirse en el Cuarto de Control. COPIA VERDE. Debe colocarse en el lugar de trabajo. Al terminar los trabajos enviar original del PTC a Seguridad para la estadística.						

### 5.3.9.4 Permiso para trabajo en espacios confinados.

<b>PERMISO PARA TRABAJO EN ESPACIOS CONFINADOS</b>																																																																								
<b>SECTOR DE DUCTOS</b>						<b>PEEC No.00001</b>																																																																		
PERMISO VÁLIDO PARA UN SOLO TURNO, CON UNA EXTENSIÓN DE 30 MINUTOS. ADVERTENCIA: ESTE PERMISO ES SOLO PARA PERSONAL CALIFICADO Y CON EXPERIENCIA EN TRABAJOS INDUSTRIALES																																																																								
SE AUTORIZA AL ING. ENCARGADO DEL TRABAJO:		PUESTO:			DEPTO:																																																																			
VALIDO PARA: TURNC		1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> OTRO <input type="checkbox"/>		Especificar:		FECHA: / /																																																																		
Orden:		PARA LLEVAR A CABO EL TRABAJO DE:			PERMISOS COMPLEMENTARIOS																																																																			
No. De operación:					ESPACIO CONFINADO		PEEC No. ____																																																																	
Ubic. Técnica:					AISLAMIENTO ELÉCTRICO		PAE No. ____																																																																	
Dibujo/Plano No.					EXCAVACIÓN		PEX No. ____																																																																	
		RADIOGRAFIADO		PRX No. ____																																																																				
<b>OPERACIÓN</b>	ANÁLISIS Y VERIFICACIÓN DEL JEFE DE OPERACIÓN				Verificó		Verificó																																																																	
	° Deberá estar el equipo fuera de operación ° Eléctricamente aislado/etiqueta-candado-prueba ° Válvulas bloqueadas-etiqueta-candado o junta ciega ° Depresionado-purgado-venteado ° Lavado vaporizado/inertizado y aireado ° Aire respirable/ventilación natural o artificial ° Pudo quedar producto peligroso atrapado ° Se requiere la instalación de andamios industriales				<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 50%;">SI</th> <th style="width: 50%;">NO</th> <th style="width: 50%;">SI</th> <th style="width: 50%;">NO</th> </tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </table>		SI	NO	SI	NO	<input type="checkbox"/>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="width: 50%;">SI</th> <th style="width: 50%;">NO</th> <th style="width: 50%;">SI</th> <th style="width: 50%;">NO</th> </tr> <tr><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td><td><input type="checkbox"/></td></tr> </table>		SI	NO	SI	NO	<input type="checkbox"/>																																																						
	SI	NO	SI	NO																																																																				
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																				
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																					
SI	NO	SI	NO																																																																					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																					
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																					
ANTECEDENTES Ó INSTRUCCIONES ESPECIALES ¿ SE UTILIZARÁ PERMISO ESPECIAL PARA DESFOGUES SI                      NO                      ?				REQUERIMIENTOS ADICIONALES DE PROTECCIÓN PERSONAL Careta protección facial <input type="checkbox"/> Purificador de aire <input type="checkbox"/> Goggles contra químicos <input type="checkbox"/> Guantes de neopreno <input type="checkbox"/> Traje contra ácido <input type="checkbox"/> Guantes de cuero <input type="checkbox"/> Purificador de aire <input type="checkbox"/> Guantes para calor <input type="checkbox"/> Mandil/impermeable <input type="checkbox"/> Botas de neopreno <input type="checkbox"/> Monja a pruebas de salpicaduras <input type="checkbox"/> Otros <input type="checkbox"/>																																																																				
<b>PRUEBAS DE GASES</b>	<b>OBLIGATORIAS</b>		Gases ó vapores		OXÍGENO		BIÓXIDO DE CARBONO																																																																	
	Limites de seguridad		Por debajo del 10 % del límite inferior de explosividad		19.5 - 22 % al nivel del mar		Menos de 500 ppm (Límite de Explosión Permisible)																																																																	
	Resultado						ÁCIDO SULFÚDRICO																																																																	
	Hora						Menos de 10 ppm (Límite de Explosión Permisible)																																																																	
Iniciales						OTROS: Especificar																																																																		
<b>APROBACIONES</b>																																																																								
He verificado personalmente el lugar de trabajo y el equipo y garantizado que están en condiciones confiables para iniciar el trabajo.																																																																								
JEFE DE OPERACIÓN: NOMBRE: _____ FIRMA: _____ HORA: _____ h FECHA: / /																																																																								
He verificado personalmente que se tomaron las precauciones pertinentes, y estoy de acuerdo en realizar el trabajo de manera segura.																																																																								
INGENIERO DE MANTENIMIENTO: NOMBRE: _____ FIRMA: _____ HORA: _____ h FECHA: / /																																																																								
Realicé personalmente las pruebas de gases "obligatorias". Asimismo verifiqué personalmente que se tomaron las precauciones requeridas y garantizo que el trabajo se pueda realizar en óptimas condiciones de seguridad.																																																																								
INGENIERO DE SEGURIDAD: NOMBRE: _____ FIRMA: _____ HORA: _____ h FECHA: / /																																																																								
Apruebo la extensión de 30 minutos de este PEEC. JEFE DE SECTOR: NOMBRE: _____ FIRMA: _____ HORA: _____ h FECHA: / /																																																																								
<b>TERMINACIÓN</b>																																																																								
El trabajo se terminó en su totalidad a las:						EL TRABAJO SE SUSPENDIÓ A LAS:																																																																		
INGENIERO ENCARGADO DEL TRABAJO NOMBRE: _____ FIRMA: _____ HORA: _____ h FECHA: / /						h FECHA: / /																																																																		
INGENIERO DE MANTENIMIENTO: NOMBRE: _____ FIRMA: _____ HORA: _____ h FECHA: / /						<input type="checkbox"/> Condiciones inseguras presentes <input type="checkbox"/> Violación a requerimientos del permiso <input type="checkbox"/> Trabajador lesionado o incapacitado <input type="checkbox"/> Otros motivos, especifique: _____																																																																		
Revisé el área de trabajo y la encontré limpia y ordenada. También revisé el equipo y la instalación adyacente y encontré que todo quedó bien colocado/instalado, completo, tornillería apretada, hermético, totalmente disponible y en condición segura para su puesta en servicio. Por lo tanto, los trabajos amparados en este PEEC los declaro completamente terminados.						NOMBRE: _____																																																																		
INGENIERO DE OPERACIÓN: NOMBRE: _____ FIRMA: _____ HORA: _____ h FECHA: / /						PUESTO: _____																																																																		
						FIRMA: _____																																																																		
ORIGINAL: Para el ingeniero encargado del trabajo. COPIA AZUL. Debe exhibirse en el Cuarto de Control. COPIA VERDE. Debe colocarse en el lugar de trabajo. Al terminar los trabajos enviar original del PEEC a Seguridad para la estadística.																																																																								

## **6 LA INTERVENCIÓN DE LA INGENIERÍA CIVIL EN LA TOMA DE DECISIONES DURANTE LA EJECUCIÓN DE OBRA.**

### **Objetivo.**

Clasificar los eventos de mayor importancia y tomar la decisión correcta para que la obra del proyecto de la automatización de la red nacional de gasoductos y lpg ductos para PEMEX Gas y Petroquímica Básica, se ejecute correctamente lográndolo con la formación que nos brindó la Facultad de Ingeniería en cuanto a conocimientos, en cuanto a actitudes y en cuanto a habilidades.

Involucrar al Ingeniero Civil en acciones enmarcadas en un **sistema de aseguramiento de calidad**, como es el caso de los procedimientos y lineamientos que sigue PEMEX Gas y Petroquímica Básica en los que lleva un control estricto de su cumplimiento.

### **Ejemplos.**

A continuación se detallan algunos procesos ejemplificantes de que la intervención del Ingeniero Civil, con sus decisiones, garantiza el cumplimiento de obtener calidad en la obra en el sentido de que esté dotada de seguridad, funcionalidad y economía. Tales ejemplos los vivieron los autores de este escrito.

#### **6.1 Colocación de grúa para montaje de actuadores.**

Una de las actividades importantes del Ingeniero Civil en obras como las que se comentan en este escrito, es la determinación de las características de longitud y brazo que deben tener las grúas a utilizar; para ello se debe tener en cuenta que la distancia de la grúa al sitio donde está la válvula a instalar debe ser constante, por la existencia en el terreno, de una serie de instalaciones (tuberías) que limitan la movilidad y consecuentemente determinan el sitio en que se debe de colocar la grúa. En esta situación el Ingeniero Civil calcula el momento con la limitante adicional de que el brazo de la grúa no debe tener una inclinación menor a  $45^\circ$  porque ello genera un brazo de palanca y el consecuente momento que desestabiliza la grúa. Este detalle resulta ser esencial para la ejecución de la obra y ha habido casos en que su no consideración conduce a fallas de ejecución.

## **6.2 Localización de tubería de “proceso” en estación.**

Una intervención fundamental del Ingeniero Civil se da en las obras cuando se requiere generar la construcción sin originar las llamadas “obras inducidas”. En el caso de lo reseñado en este trabajo escrito es común la presencia de instalaciones subterráneas (tuberías de proceso) en las estaciones que, por diversas razones, no aparecen consignadas en los planos que sirven como antecedente. El caso específico se presentó frecuentemente al realizar las excavaciones requeridas y el Ingeniero Civil fue convocado para indicar cómo efectuar la excavación, sin causar inconvenientes a las instalaciones mencionadas, lo que implicó el aceptar que no se puede cambiar la ubicación de tales instalaciones según indica la normatividad existente.

## **6.3 Piezas defectuosas de los actuadores.**

El control de la calidad en la ejecución de la obra, es una acción en que el Ingeniero Civil está involucrado y ello implica hacer una revisión de los elementos enviados al sitio para ser instalados, que en ciertas ocasiones no corresponden a las características determinadas por el sitio en donde se ejecuta la obra; en ese caso el Ingeniero Civil coordina la revisión y determina la devolución de alguna de las piezas y la adaptación de otras, en esta última acción el Ingeniero Civil debe de dar los diseños correspondientes.

## **6.4 Montaje de casetas prefabricadas.**

La acción del Ingeniero Civil resulta, como ya se ha reiterado, fundamental en el caso del montaje de casetas prefabricadas porque teniendo en cuenta la normatividad establecida, debe tener los conocimientos, la actitud y las habilidades para adecuar el programa de trabajo ante la existencia de circunstancias especiales en cada una de las estaciones, es decir debe tener las características anotadas para variar dicho programa sin cambiar la fecha de terminación de la obra.

## 7 ANEXO FOTOGRÁFICO.

Se presentan una serie de fotografías del proceso de la obra donde se observa sobre todo la obra civil, que va desde montajes de casetas con grúa hidráulica, demoliciones, encofrados, recuperaciones de pisos y canalizaciones eléctricas.



Fig.1 Descarga de la caseta prefabricada en estación VC-010



Fig. 2 Montaje de la caseta prefabricada en estación VC-010



Fig.3 Montaje de Caseta en estación VC-009 Santa Ana



Fig. 4 Montaje de Mástil de Telecomunicaciones en estación VC-009 Santa Ana



Fig. 5 Demolición de piso de concreto en caseta existente



Fig. 6 Encofrado de tuberías de Fo.Ga. en canalizaciones eléctricas



Fig. 7 Vista de un modelo de actuador para válvula de 24"



Fig. 8 Vista de una válvula de seccionamiento de 24"



Fig. 9 Ejecución de soldadura cadweld en cables para sistema de Tierras



Fig. 10 Vista de cepa excavada para alojar canalizaciones eléctricas encofradas



Fig. 11 Vista de Reposición de concreto en excavaciones de canalizaciones



Fig. 12 Relleno de juntas con asfalto oxidado para evitar filtraciones



Fig. 13 Pintura en caseta existente de acuerdo a especificaciones



Fig. 14 Vista del Cuarto de Control Principal 7º piso de la Torre de PEMEX

## **8 CONCLUSIONES**

Actualmente PEMEX Gas y Petroquímica Básica, compite a nivel internacional, mediante asociaciones que le permite promover nuevos proyectos y servicios para atender a un mercado que cada día demanda mayor calidad y cumplimiento de metas en tiempo y costo, con la aplicación de tecnología y métodos sistemáticos que garanticen la calidad de su trabajo. Aquí surge la necesidad de que participe la Ingeniería Civil, ya que se presenta un campo de acción para desarrollar, implementar y llevar a cabo; pero actualmente se observa que aún no se ha tomado en cuenta la importancia de la ingeniería civil en estas acciones.

Por otro lado, debe tenerse en cuenta que el comenzar a relacionarse con procedimientos constructivos normados y apegados a las normas de seguridad, encauzarán a que la obra se realice ordenadamente y se garantice la existencia de calidad en ella.

Petróleos Mexicanos es una de las empresas más grandes con las que cuenta México y debido a la importancia de su desarrollo necesita de la participación de la Ingeniería Civil, los suscritos hacemos la invitación al Ingeniero civil para que cada día intervenga más, no solo en la construcción, sino también en la planeación, en el proyecto y el diseño.