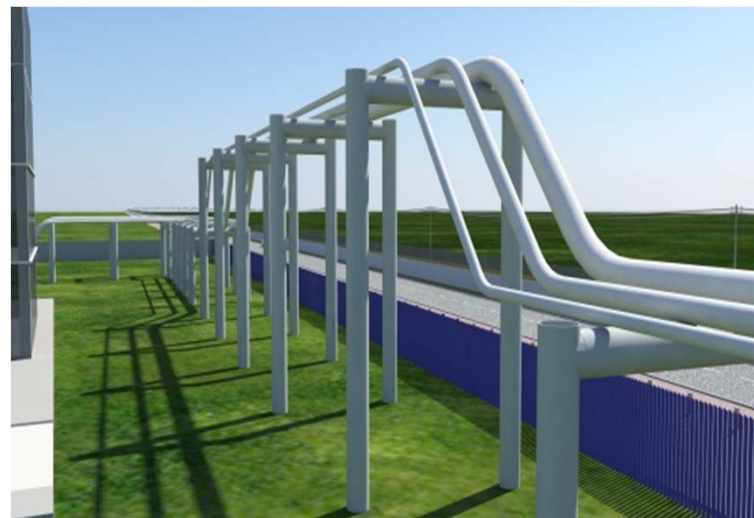


NUMERO DE PROYECTO: 199685

EMPRESA BENEFICIADA: Corrosión y Protección S.A. de C.V.

TÍTULO DEL PROYECTO: *Desarrollo de un sistema para la valoración de trayectorias y viabilidades de sistemas de ductos para líquidos valiosos*



**OBJETIVO DEL PROYECTO:** Desarrollo de un modelo matemático que defina Valoración de trayectorias y Viabilidades de Sistemas de Ductos para Líquidos Valiosos con una metodología de aplicación, con una estructura de experimentos en planta para emular los procesos que retroalimenten los modelos y extraigan el conocimiento a perspectivas de transferencia de tecnología.

**PRINCIPALES ACTIVIDADES REALIZADAS:**

- ✓ Integración de grupo de trabajo: Considerando las diversas fortalezas de las instituciones participantes y liberando tiempo del personal de la empresa, lo que permitió centrar actividades relacionadas a la planeación, ejecución y reporte conjunto de tareas y metas logradas.
- ✓ Identificación de problemáticas y variables: colaboradores de la UAEM, con su experiencia en proyectos de trazo y de control de corrosión, del ITSríos, quienes por su ubicación en uno de los estados con mayor cantidad de ductos enterrados y aéreos, propinó una información muy valiosa respecto a condiciones reales de operación, regulaciones y permisos sustantivos alcanzados por parte de PEMEX principalmente en la región del Golfo de México; la UniSol se avocó y nos brindó información muy relevante sobre características y variables de diseño.
- ✓ Formulación de modelo y de esquemas de optimización: En conjunto con especialistas de la UAEM, se establecieron las primeras bases para definir diagramas de flujo, secuencia de toma de valores y decisiones, lo que permitiría una optimización más adecuada y eficaz en la programación de algoritmos y del modelo completo.
- ✓ Valoración de consideraciones particulares: En base a estudios solicitados y una serie de discusiones con personal de PEMEX y propietarios de gasoductos de Jalisco, nos permitió reconocer variables que deben tomarse en cuenta en las trayectorias y derechos de vía.

- ✓ Definición de Referencias económicas, nuevas vertientes tecnológicas y parámetros regulatorios: Con apoyo de especialistas convocados se establecieron las cotas para toma de decisiones por el modelo, en consideraciones económicas, tecnológicas y las regulaciones federales, así como interpretaciones de términos internacionales.
- ✓ Trabajos en campo sobre derechos de vía e instrumentación aledaña: Se desarrollaron al menos 18 estadias y trabajos de obtención de datos, de reconocimiento de ductos, de evaluaciones profundas para valoración de características variantes.
- ✓ Confrontación de modelo primario contra condiciones de campo: A partir de las propias presencias y el reconocer elementos característicos topográficos, geológicos, hidrológicos y poblacionales, se ha logrado reconocer los elementos para dar pesos a la toma de decisiones en un modelo a desarrollar.
- ✓ Diseño metodológico: Basado en parametrización directa y en el reconocimiento de los métodos y procesos más convenientes, los cuales han sido acotados por medio de los datos obtenidos por estudios convocados y los propios realizados.
- ✓ Determinación de estructura de redes e infraestructura común: Para efectos de adquisición, integración y diseño de una grid, se fundamentaron las capacidades de equipos y los elementos que han de integrarlos.
- ✓ Diseño y procesos constructivos de planta piloto: Acorde a la experiencia, a los valores de regulación para la construcción de ductos y a la propuesta de diseño de especialistas convocados, ha sido posible la creación y adecuación de una serie de segmentos de ductos a escala real para emular procesos de inspección.
- ✓ Valoración de esquemas tentativos hacia las condiciones para registro de propiedad intelectual: Al percibir claramente el gran impacto viable de este modelo, se han pedido la asesoría para evitar fugas de información, estructurar adecuadamente todos los pasos y orientar nuestros desarrollos a un esquema de propiedad intelectual, ya sea por patentes o derechos de autor en la evolución del modelo y la identificación de mercado.

**BREVE DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:** La entrega de líquidos vitales (agua, petróleo, gas natural, etc.) desde los lugares de su producción u obtención, lugares de su almacenamiento si es el caso, a los lugares de uso y demanda (consumidores) es una práctica de vital importancia. Existen varios sistemas de entrega terrestres, los cuales pueden ser mediante su transporte mediante camiones y/o trenes, etc., o mediante un sistema de tubos o ductos instalados o a instalarse a lo largo del territorio nacional. La manera más eficiente y económicamente de distribución para las grandes urbes o grandes establecimientos de gente es mediante el uso de tuberías o ductos. El diseño e instalación de infraestructura de éstas tuberías o ductos requiere el conocimiento y desarrollo de modelos que puedan identificar su magnitud así como evaluar sus costos para poder desarrollar estrategias de entrega de estos líquidos vitales. El modelo debe estimar el diseño óptimo de la infraestructura en grandes regiones con múltiples ciudades y como esta infraestructura puede evolucionar con el tiempo. Además el modelo puede incluir entre sus restricciones, estructuras de nivel, que son bases de datos que pueden obtenerse utilizando módulos de información geográfica (GPS) junto con los modelos de la infraestructura. El modelo debe poder incorporar información detallada espacial y económica que incluyan nodos de demanda y producción, redes de distribución compleja, y flexibilidad en costos y capacidades de componentes (sitios de producción, almacenamiento y sitios de distribución al usuario final). Este modelo también debe considerar la longitud y el diámetro de las tuberías e identifique la mejor manera de dirigir los flujos de los líquidos vitales a lo largo de los sitios de producción, almacenamiento y entrega a lo largo de la red de tuberías es también de vital importancia para la correcta predicción y establecimiento final de la infraestructura. Esta propuesta es para el desarrollo de un modelo que incluye una herramienta para la optimización de nodos de distribución y entrega de líquidos vitales detallando datos espaciales geográficos y económicos para optimizar su producción y transmisión mediante una infraestructura de tuberías (instaladas o por instalar) en regiones geográficas reales de México. El modelo definirá una función objetivo para minimizar costos, junto con un conjunto de restricciones para el diseño de la infraestructura e incluirá modelos económicos detallados para poder evaluar casos de estudio espaciales explícitos para la entrega eficiente de líquidos vitales. El modelo incluirá la formulación matemática así como los datos de entrada espacial y económica necesarios para dicho fin, los cuales pueden ser utilizados en el estado de Morelos y a nivel nacional. Se desarrollará una metodología de aplicación del modelo que defina los pasos de implementación para un primer prototipo. Se planea proyectar en otras etapas del proyecto el desarrollo de un software con plataforma amigable al usuario de acuerdo a la metodología propuesta para su comercialización.

### RESULTADOS DEL PROYECTO:

- Documento que describe el modelo matemático desarrollado, que puede predecir rutas económicas de distribución en tuberías o ductos y una metodología de aplicación del modelo.
- Un modelo matemático compuesto de un modelo de optimización y un modelo de satisfacción de restricciones, que puede predecir una de las mejores rutas económica de distribución en tuberías o ductos, para grandes urbes o establecimientos de gente. Y la metodología de aplicación del modelo.
- Formación de dos doctores en Ingeniería y Ciencias Aplicadas, en un posgrado PNP:
- M.I. Pedro Moreno Bernal y M.C. Ariadna Ortiz Huerta

### IMPACTOS DEL PROYECTO:

Los impactos del proyecto son del tipo:

- Económico. Al optimizar costos en instalación y mantenimiento de ductos.
- Tecnológico. Dar un mejor servicio a los clientes ya existentes así como potencializar el uso de los ductos o tubería para el transporte de líquidos vitales. De la misma manera pueden emplearse mejores condiciones de mantenimiento y mejores instalaciones de protección catódica, evitando deterioro por corrosión de los mismos ductos.
- Científico. Al contar con una estructura de experimentos en planta para emular los procesos que retroalimenten al modelo matemático y extraiga el conocimiento a perspectivas de transferencia de tecnología.
- Ambiental. Al reducir su riesgo de falla mediante detección de áreas que requieran mayor protección catódica así como el aumento de la integridad del ducto y no derramar al medio su contenido o líquidos vitales.