

ADMINISTRACIÓN, TRATAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS DE INTEGRIDAD DE DUCTOS GEORREFERENCIADOS MEDIANTE UN SOFTWARE

Gerardo Soula, GIE S.A, gsoula @giemdp.com.ar
Cristian Canalfeijoo, cristian.canalfeijoo@refinor.com
Lucas Fernandez Perona, perona@giemdp.com.ar

1. Sinopsis

En el presente documento se detalla el desarrollo de un software mediante el cual los operadores pueden administrar la información referente a la integridad de sus ductos y realizar análisis sobre esta. Se pretende presentar el funcionamiento del software con algunos ejemplos de aplicación práctica. El software se encuentra constituido por tres módulos principales, un modulo de administración de base de datos, un modulo de visualización GIS (Sistema de Información Geográfico) y un modulo de Análisis de Riesgo. Estos tres módulos se encuentran profundamente vinculados, por ejemplo se puede visualizar cualquier información de la base de datos en el modulo de GIS o realizar un análisis de riesgo sobre la misma.

Adicionalmente posee algunas herramientas que facilitan su uso, tales como un modulo donde se pueden generar perfiles de usuarios con sus respectivos privilegios o herramientas de importación masiva para estudios (como ILI, CIS, DCVG, etc).

A modo de ejemplo se cargaron los datos de una línea que posee más de 1000 kilómetros de longitud. En este documento se muestran algunos de ellos y los resultados obtenidos al realizarle un análisis de riesgo con el software desarrollado.

2. Introducción

El software utilizado se desarrollo de tal forma que se priorizo la practicidad y su simpleza de uso, es por esto, que independientemente del evento que se trate (segmentos de caño, válvulas, reparaciones, características geográficas, etc) todos se ubican mediante la misma pantalla (de manera muy simple) y todos los formularios de los eventos poseen la misma barra de herramientas para agregar uno nuevo, modificar uno existente, realizar búsquedas y exportarlas o visualizarlas mediante el modulo de GIS.

El software consta de tres módulos principales:

- Base de datos.
- GIS (Sistema de Información Geográfico).
- Análisis de Riesgo.

Se cargaron los datos de una línea que posee más de 1000 kilómetros de extensión y se realizo mediante el software desarrollado un análisis de riesgo.

3. Desarrollo

A continuación se describe la integración de la información y los principios de funcionamiento del software utilizado.

3.1. Modulo de Base de datos

Como estructura de la base de datos se utilizo una base de datos para ductos estandarizada a nivel mundial. Se monto la base de datos en un servidor mediante SQL Server 2005.

Para especificar la posición de cada datos ingresado se utiliza un formulario donde se puede especificar una ubicación en distintos sistemas de referencia. Es por esto que el software es sencillo de utilizar y no requiere conocimientos previos de GIS.

Este modulo es el encargado de realizar las conversiones entre coordenadas, mojón + metros, soldaduras + metros y progresiva.

Es decir una vez que se realizó la carga inicial, el software genera el centerline (traza georreferenciada), y el usuario puede ingresar datos en cualquier sistema de referencia.

En la figura 1 se puede observar la pantalla de ubicación de datos.

Búsqueda de Station Points

Linea Seleccionada: **poliducto Refinor**

Sistemas de Referencia:

Mojon + Mts

Inicio -> N° Mojon: Mts: ☐ Inicio Línea

Fin -> N° Mojon: Mts: ☐ Fin Línea **Seleccionar**

Pts. Georeferenciados - [Gauss Krüger Faja 3 (POSGAR 94)]

Inicio -> X: Y: elevación: ☐ Inicio Línea

Fin -> X: Y: elevación: ☐ Fin Línea

Distancia al Centerline:

Inicio: Fin: **Seleccionar**

Soldadura + Mts

Inicio -> Soldadura: Mts:

Fin -> Soldadura: Mts: **Seleccionar**

Figura 1. Pantalla de ubicación genérica

Prácticamente en el software pueden ingresarse todos los datos correspondientes a un ducto determinado.

Cada uno de los tipos de datos que se muestran en la figura 2 poseen su propio formulario donde se presentan sus atributos correspondientes. Cada uno de los formularios de carga de cada evento posee en la parte superior una barra de herramientas genérica con la que el usuario puede agregar un nuevo evento (por ejemplo una válvula, mojón una reparación, etc.), editar, eliminar o buscar un evento existente.

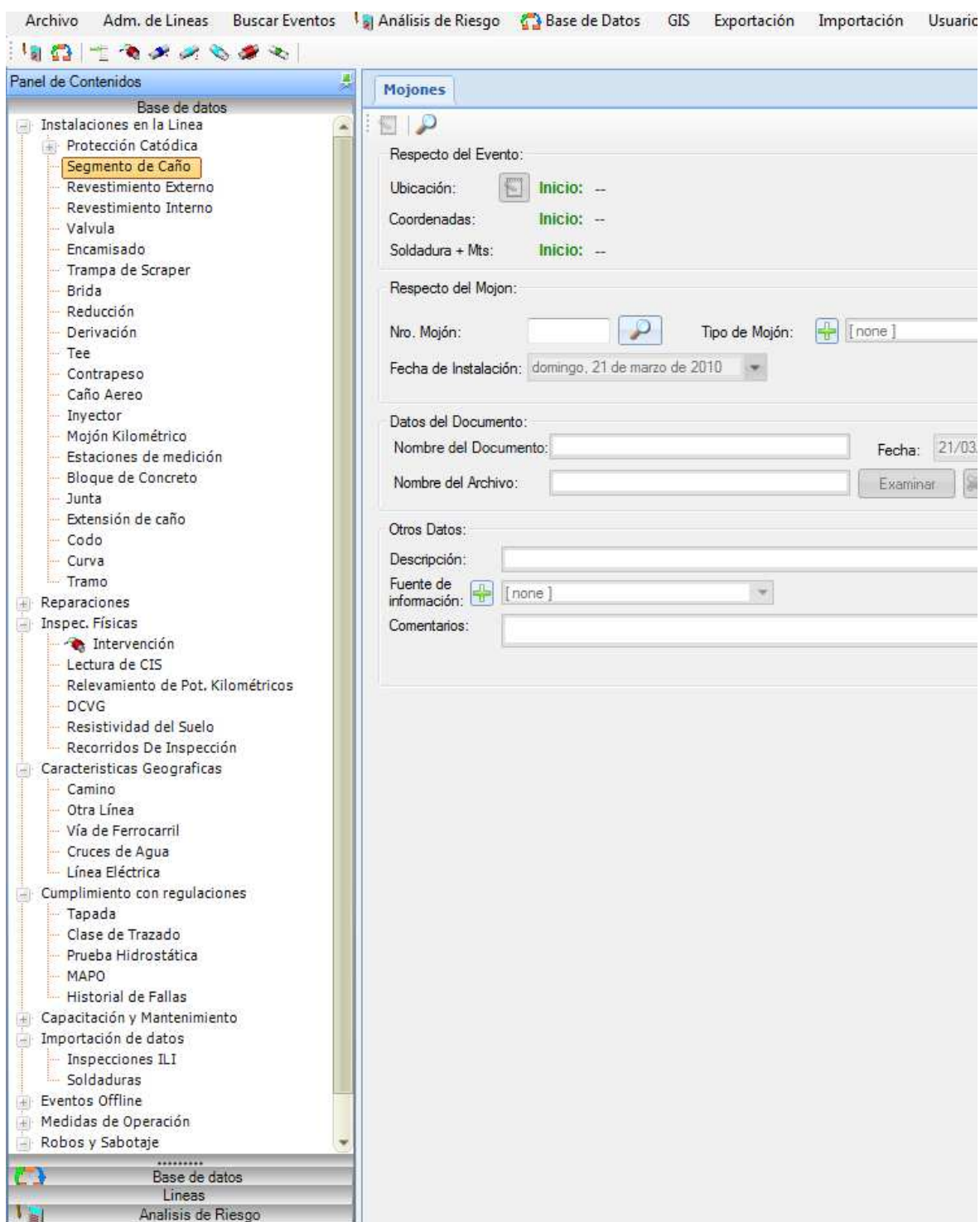


Figura 2. Pantalla del modulo de base de datos.

Adicionalmente cada formulario posee un buscador para filtrar la información de cada evento por sus atributos. Si por ejemplo se desea buscar un segmento de caño, el software muestra una pantalla como la presentada en la figura 3.

Ubicación Inicial	Ubicación Final	Coordenadas Inicial	Coordenadas Final	Fecha de Fabricación	Material	Grado	SMYS	Diámetro
Mojon 0 + 0 mts	Mojon 2 + 182 mts	{X=3740796.80, Y=754432...		1/1/1960 12:00:00 AM	(Acero)	X42	42000 PSI	12 3/4"
Mojon 2 + 182 mts	Mojon 5 + 448 mts			1/1/1993 12:00:00 AM	(Acero)	X42	42000 PSI	12 3/4"
Mojon 5 + 448 mts	Mojon 38 + 250 mts			1/1/1960 12:00:00 AM	(Acero)	X42	42000 PSI	12 3/4"
Mojon 38 + 250 mts	Mojon 39 + 327 mts			1/1/2003 12:00:00 AM	(Acero)	X42	42000 PSI	12 3/4"
Mojon 39 + 327 mts	Mojon 138 + 70 mts			1/1/1960 12:00:00 AM	(Acero)	X42	42000 PSI	12 3/4"
Mojon 138 + 70 mts	Mojon 138 + 933 mts			1/1/2005 12:00:00 AM	(Acero)	X42	42000 PSI	12 3/4"
Mojon 138 + 933 mts	Mojon 152 + 0 mts	{X=3675885.99, Y=7416...		1/1/1960 12:00:00 AM	(Acero)	X42	42000 PSI	12 3/4"
Mojon 152 + 0 mts	Mojon 161 + 384 mts	{X=3675885.99, Y=741695...		1/1/1960 12:00:00 AM	(Acero)	X42	42000 PSI	12 3/4"
Mojon 161 + 384 mts	Mojon 162 + 131 mts			1/1/2002 12:00:00 AM	(Acero)	X56	56000 PSI	12 3/4"
Mojon 162 + 131 mts	Mojon 163 + 0 mts		{X=3668424.91, Y=7409...	1/1/1960 12:00:00 AM	(Acero)	X42	42000 PSI	12 3/4"
Mojon 163 + 0 mts	Mojon 165 + 0 mts	{X=3668424.91, Y=740901...	{X=3667044.45, Y=7407...	1/1/2000 12:00:00 AM	(Acero)	X42	42000 PSI	12 3/4"
Mojon 165 + 0 mts	Mojon 173 + 840 mts	{X=3667044.45, Y=740763...		1/1/1960 12:00:00 AM	(Acero)	X42	42000 PSI	12 3/4"
Mojon 173 + 840 mts	Mojon 174 + 134 mts			1/1/1997 12:00:00 AM	(Acero)	X42	42000 PSI	12 3/4"
Mojon 174 + 134 mts	Mojon 175 + 100 mts			1/1/1960 12:00:00 AM	(Acero)	X42	42000 PSI	12 3/4"
Mojon 175 + 100 mts	Mojon 181 + 333.28...			1/1/1960 12:00:00 AM	(Acero)	X42	42000 PSI	12 3/4"
Mojon 181 + 333.28...	Mojon 185 + 394.09...			1/1/1960 12:00:00 AM	(Acero)	X42	42000 PSI	12 3/4"
Mojon 185 + 394.09...	Mojon 186 + 165.98...			1/1/1960 12:00:00 AM	(Acero)	X42	42000 PSI	12 3/4"
Mojon 186 + 165.98...	Mojon 193 + 938.24...			1/1/1960 12:00:00 AM	(Acero)	X42	42000 PSI	12 3/4"
Mojon 193 + 938.24...	Mojon 194 + 501.04...			1/1/1960 12:00:00 AM	(Acero)	X42	42000 PSI	12 3/4"

Figura 3. Buscador de segmentos de caño

En la figura anterior se puede observar que adicionalmente a la posición de los segmentos en “mojon + mts”, para los puntos que poseen coordenadas se muestran las mismas.

En el caso de datos más extensos como los estudios de DCVG, CIS, ILI, Potenciales Kilométricos, etc., el software cuenta con herramientas de carga masiva capaces de importar los estudios para su análisis.

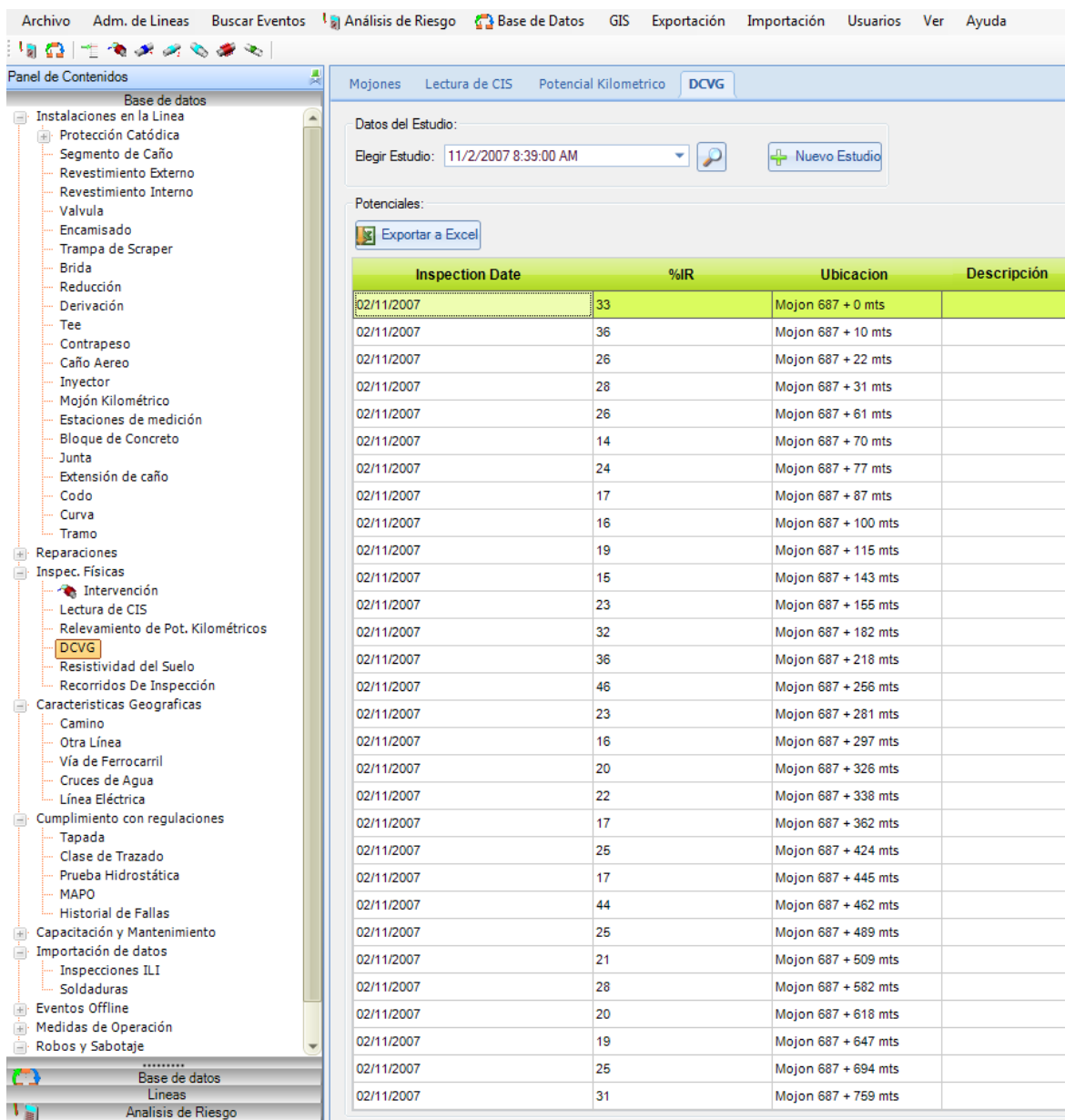


Figura 4. Importador de DCVG.

En la figura 4 se muestra uno de los estudios de DCVG importados a la base de datos mediante el software.

3.2. Modulo del Sistema de Información Geográfica

El sistema permite separar la información en diferentes capas temáticas y las almacena independientemente, permitiendo trabajar con ellas de manera rápida y sencilla, y facilitando la posibilidad de relacionar la información existente.

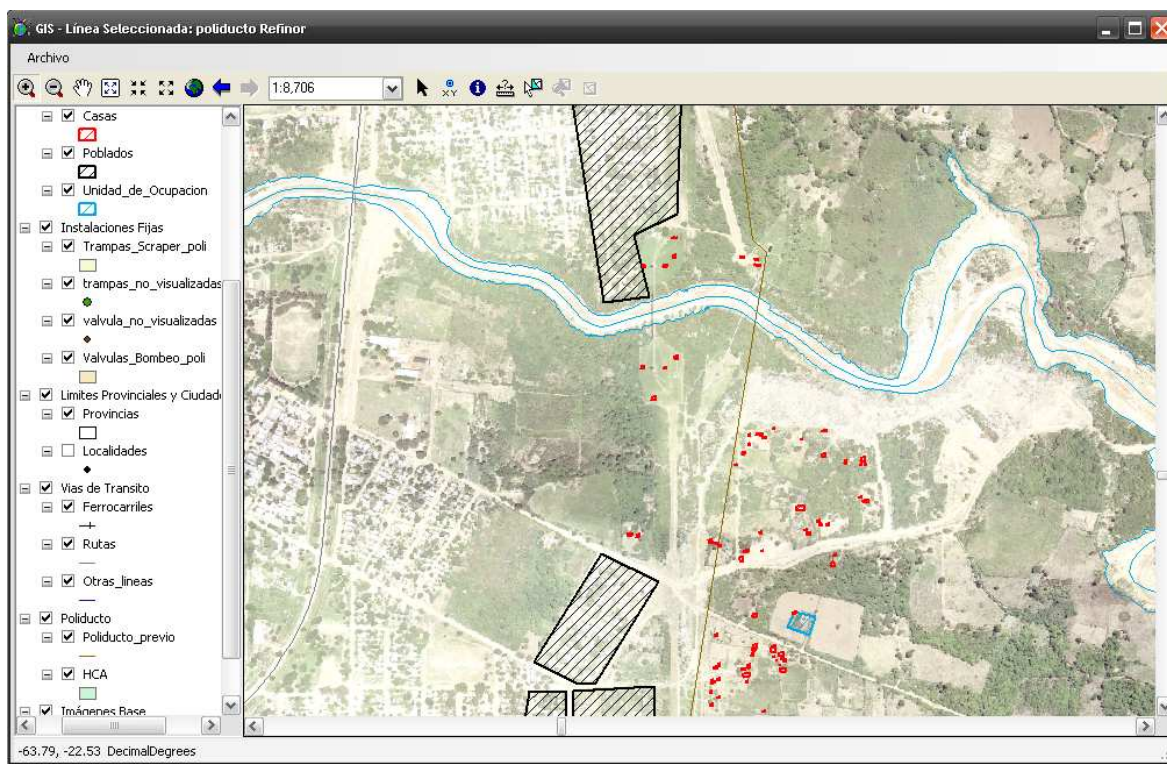


Figura 5. Pantalla del modulo de GIS.

Este modulo puede utilizarse sin poseer fotos satelitales, y se puede trabajar de igual modo en forma vectorial.

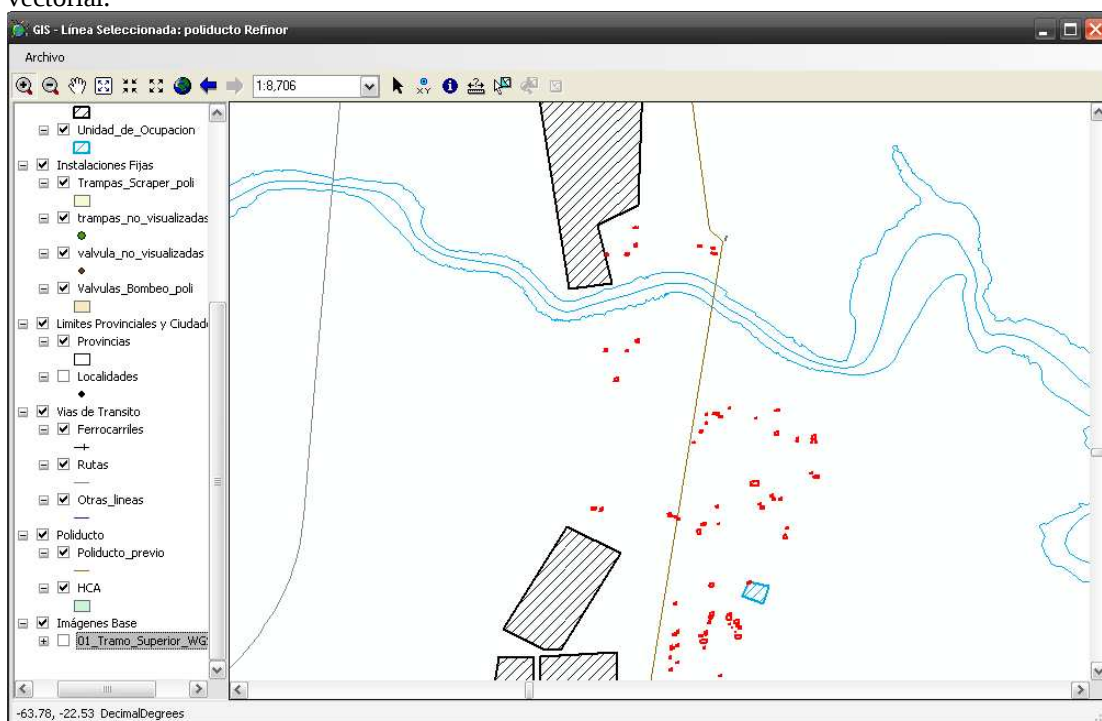


Figura 6. Modulo de GIS en modo vectorial.

En este ejemplo de aplicación práctica se realizaron capturas sobre las fotos satelitales como se observa en la figura anterior. Con esto se logro introducir en la base de datos en forma vectorial todos los eventos importantes como edificaciones, poblaciones, cursos de agua, caminos, recintos, etc.

Adicionalmente toda la información ingresada en la base de datos puede ser visualizada en el modulo de GIS independientemente del sistema en el que se la haya ingresado, por ejemplo, si se ingreso información en “mojon +mts” o “soldadura +mts” el software cuenta con un modulo mediante el cual calcula las coordenadas para estos puntos y los proyecta en el modulo de GIS.

En las siguientes figuras se muestra como pueden ser visualizados segmentos de caños y defectos de ILI.

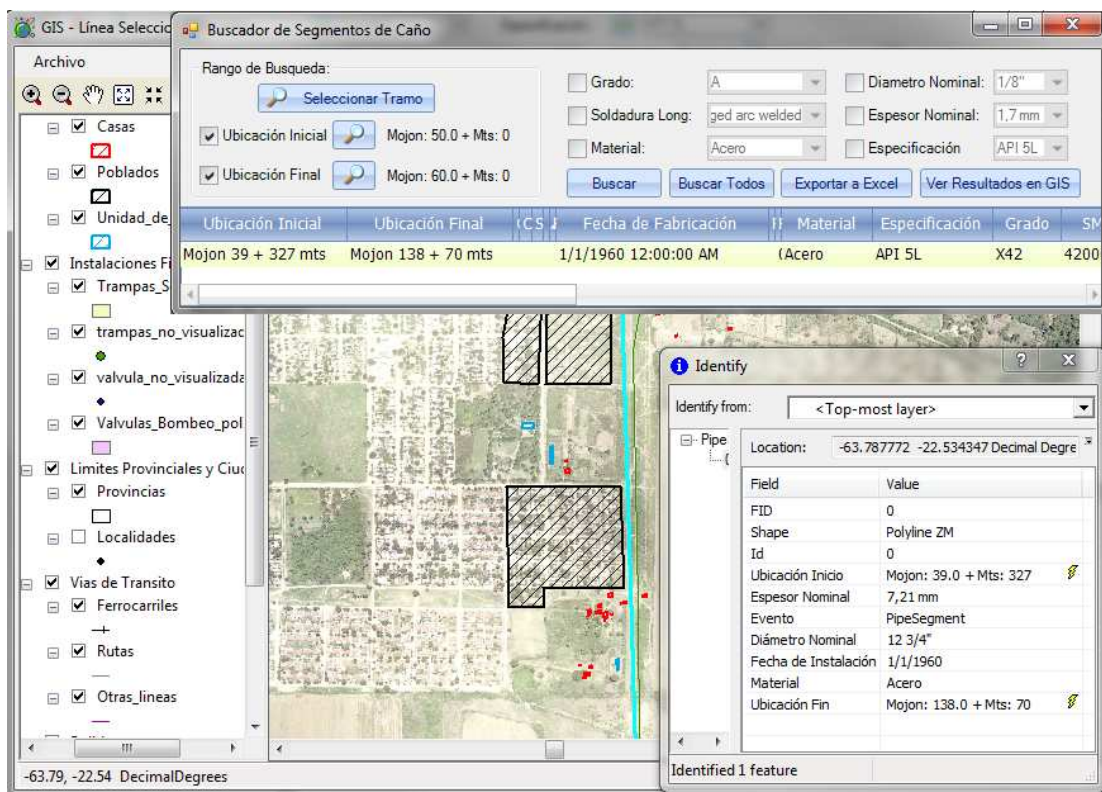


Figura 7. Visualización de datos en modulo de GIS.



Figura 8. Visualización de anomalías de ILI.

Tanto la información generada, como la utilizada por el software es totalmente compatible con los formatos mas utilizados en los software de GIS, es decir, que si se posee por ejemplo un shape generado con otro soft puede cargarlo y utilizarlo en este modulo.

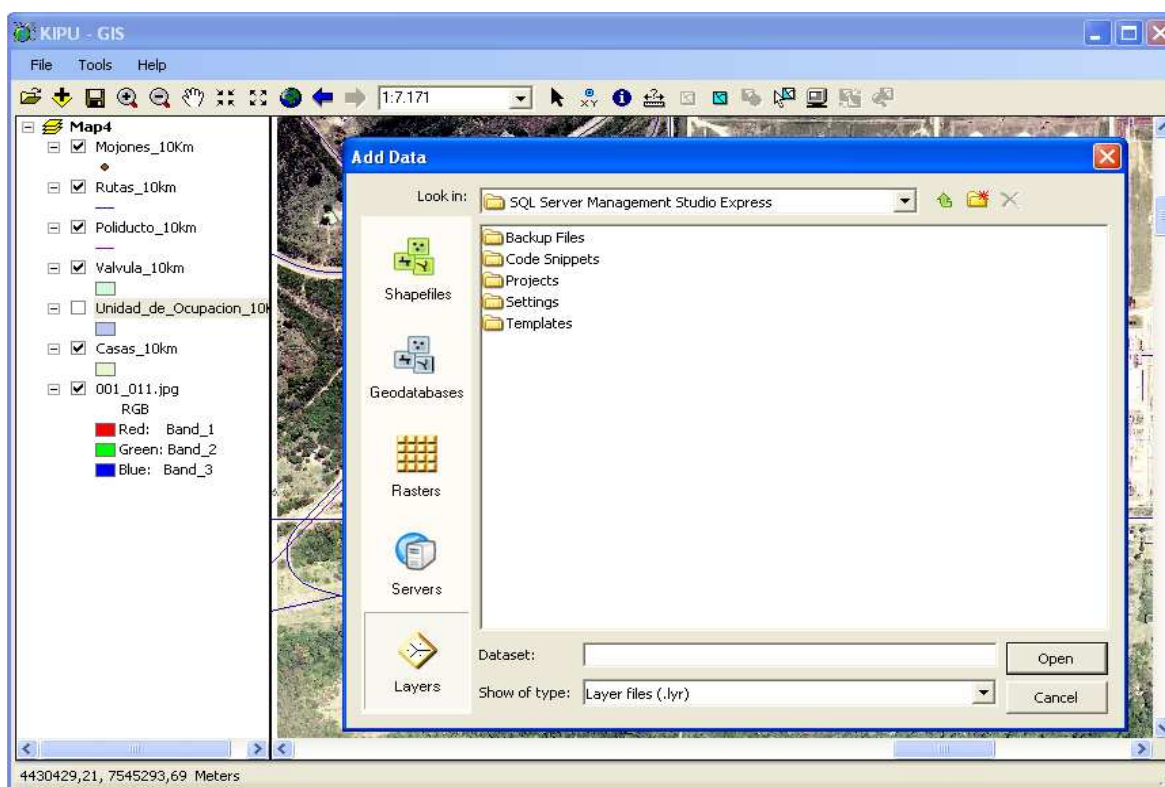


Figura 9. Importación datos geográficos.

3.3. Modulo de Análisis de Riesgo

Este modulo realiza los análisis de riesgo cualitativos en función de la información almacenada en la base de datos, de esta forma se pueden identificar los tramos más riesgosos. Los datos utilizados para este análisis son adquiridos mediante los objetos del negocio de la base de datos.

En el caso de tuberías de transporte cuando se desea evaluar el estado de integridad de un ducto específico, es necesario desarrollar modelos que contemplen las características particulares del sistema evaluado a fin de lograr una valoración del riesgo acorde con las realidades de éste, es por esto que el este software permite que el usuario personalice determinados factores que influyen en los cálculos del análisis de riesgo.

La metodología cualitativa más utilizada en la industria del Petróleo y Gas es la de índices y es un proceso reconocido por la industria tal como lo evidencian los numerosos artículos, publicaciones y programas de análisis de riesgo comerciales. La metodología utilizada en este software se basa principalmente en la definida por W. Kent Muhlbauer en su publicación “Pipeline Risk Management Manual”. Se han realizado varias mejoras a los algoritmos para aumentar su precisión.

La metodología pondera para la cuantificación de las pseudo probabilidades de falla de la cañería y la incidencia en forma separada de cada una de las siguientes amenazas a la integridad:

1. Daño por terceros
2. Corrosión
3. Diseño
4. Operación y Mantenimiento
5. SCC y Fatiga
6. Causas Naturales
7. Operaciones Incorrectas
8. Fallas de Equipamiento
9. Fallas de Fabricación

A continuación se presenta la estructura del modelo de riesgo utilizada:

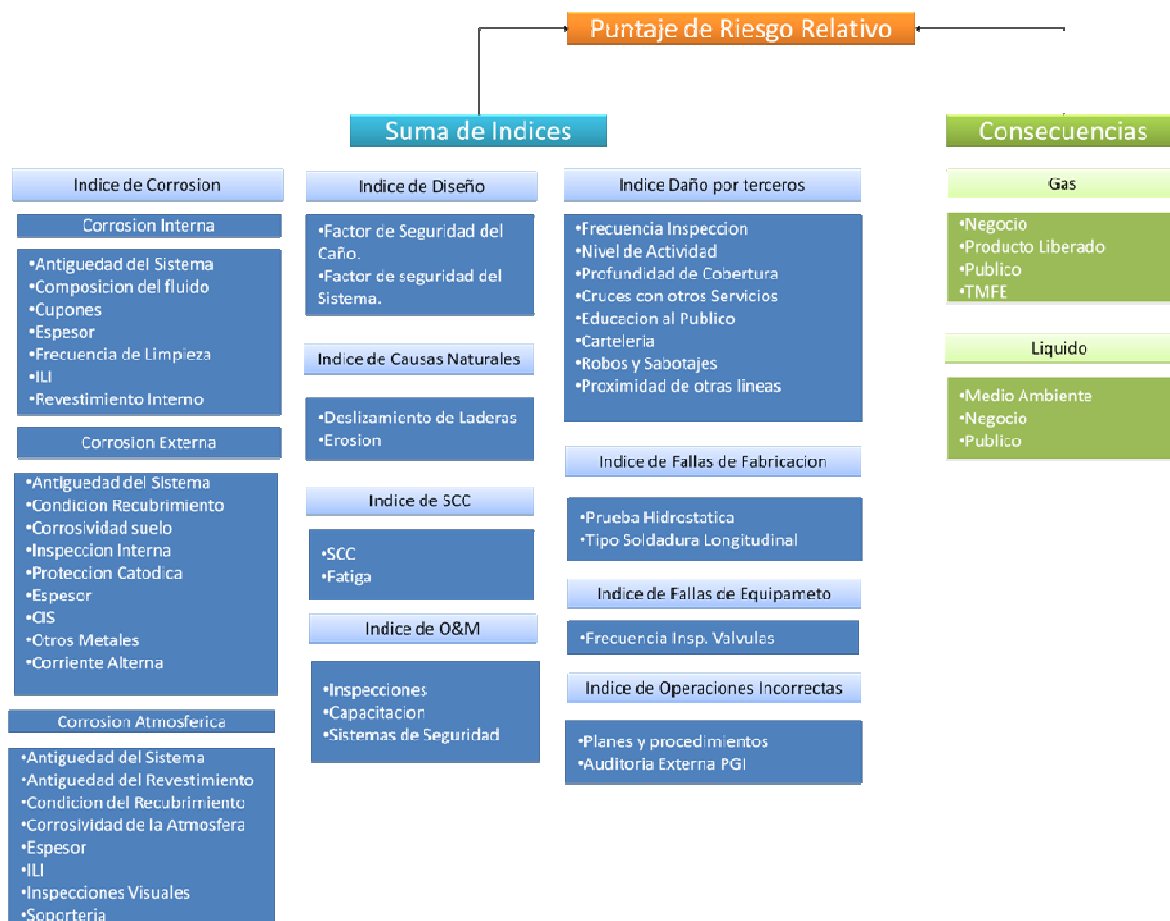


Figura 10. Modelo de Riesgo.

En la figura 11 se muestra la pantalla principal del modulo de análisis de riesgo. En esta pantalla se puede observar como se detalla la estructura de riesgo antes mencionada y como para cada ítem que componen los índices se presenta su peso relativo y la posibilidad de modificarlo. Luego de un estudio se determinaron estos pesos relativos y se ingresaron en el software.

Archivo Riesgo Herramientas Cambiar a Análisis OnShore

Indice de daño por parte de terceros

- Frecuencia de inspeccion
- Nivel de actividad
- Profundidad de cobertura
- Cruces otros servicios
- Educacion al Público
- Carteleria
- Robos y Sabotaje
- Proximidad otras líneas
- Indice de corrosión
 - Corrosión interna
 - Antigüedad del sistema
 - Condicion recubrimiento
 - Corrosividad suelo
 - Inspeccion interna
 - Proteccion catodica
 - espesor
 - CIS
 - Otros Metales
 - Corriente Alterna
 - Corrosión externa
 - Corrosión Atmosférica
- Indice de diseño
 - Factor de Seguridad del caño
 - Factor de Seguridad del sistema
- Indice operación y mantenimiento
 - Inspecciones
 - Capacitacion
 - Sistemas de seguridad
- Indice de SCC
 - SCC
 - Fatiga
- Causas Naturales
 - Deslizamiento de Laderas
 - Erosión
- Operaciones Incorrectas

Indice

Nombre	Puntos	Porcentaje ...	Porcentaje Total
Indice: CAUSAS NATURALES;			
CAUSAS NATURALES	45		
DeslizamientoDeLaderas	40	88.89	4.96
Erosion	5	11.11	0.62
Indice: CONSECUENCIAS GAS;			
CONSECUENCIAS GAS	4		
Negocio	0.2	5	0.02
Producto Liberado	0.4	10	0.05
Público	3	75	0.37
TMFE	0.4	10	0.05
Indice: CONSECUENCIAS LIQUIDO;			
CONSECUENCIAS LIQUIDO	4		
Medio Ambiente	1.6	40	0.2
Negocio	1.2	30	0.15
Público	1.2	30	0.15
Indice: CORROSION AEREA;			
CORROSION AEREA	151		
Antigüedad del Revestimiento	6	3.97	0.74
Antigüedad del Sistema	20	13.25	2.48
Condición del Recubrimiento	20	13.25	2.48
Corrosividad de la Atmósfera	10	6.62	1.24
Espesor	10	6.62	1.24
ILI	56	37.09	6.95
Soportería	12	7.95	1.49

Figura 11. Pantalla de inicio del Modulo de Riesgo.

3.3.1. Personalización de los Índices

Además de permitir modificar cada ítem, el software también permite modificar los pesos relativos de los índices. Esto simplifica la tarea si se requiere aumentar o disminuir el peso de todos los ítems que componen un determinado índice.

Cambiar factores de los riesgos

$$I_1 \times \text{Daño Terceros} + I_2 \times \text{Corrosion Int} + I_3 \times \text{Corrosion Ext} + I_4 \times \text{Diseño} + I_5 \times \text{Operacion} + I_6 \times \text{SCC} \\ C_1 \times \text{Producto Liberado} + C_2 \times \text{HCA} + C_3 \times \text{Corte Suministro}$$

I1 I2 I3 I4 I5 I6

C1 C2 C3

Guardar Factores

Figura 12. Herramienta para modificar los pesos de los indices.

Al realizar un análisis de riesgo el software genera una segmentación dinámica, es decir, cada vez que se modifica cualquiera de las variables que intervienen en el análisis el software genera un segmento, con esto logra dividir cada ducto en segmentos donde los datos permanecen constantes. Al generar estos segmentos de propiedades constantes el software aplica los algoritmos de riesgo sobre cada segmento.

Como resultado del análisis de riesgo el software muestra una tabla donde se presentan los puntajes para cada ítem que componen los índices. Además de poder visualizar los resultados en forma detallada para cada índice, el software también cuenta con un módulo de gráficos en el que se pueden mostrar los resultados en distintos tipos de gráficos, y exportar estos en diferentes formatos.

4. Conclusiones

Para el ejemplo cargado en la base de datos se realizó un análisis de riesgo y mediante este se pudo identificar el segmento más riesgoso. Este segmento se encuentra comprendido entre las progresivas 40+120 a 40+280. Dentro de las causas que llevaron a posicionar a este segmento como el más riesgoso se verificó mediante el software que fueron principalmente la presencia de un barrio cercano al ducto y que también posee un cruce con un río de gran envergadura. Esto por el lado de las consecuencias aumenta el riesgo por la posibilidad del daño a las personas y porque se encuentra en presencia de un área sensible.

Adicionalmente esto eleva el riesgo de daño por terceros. Al utilizarse caño con mayor espesor que el resto para el cruce de Río, esto disminuyó el riesgo moderadamente por el factor de seguridad del caño en el Índice de Diseño. Otro factor que contribuyó a que este segmento se ubicara en primer lugar es que los valores de potencial registrados para este segmento se encontraban por encima de los -850 mv, por lo cual el software lo penalizó en el Índice de Corrosión Externa.

Al realizar simulaciones en el software se puede observar que se podría disminuir el riesgo aumentando la frecuencia de inspección y colocando válvulas automáticas en ambos márgenes del río.

5. Bibliografía

MUHLBAUER, W KENT. Pipeline Risk Management Manual, 2004.
PODS™ Association.
KANG-TSUNG CHANG. Programming ArcObject with VBA, 2008.