
INTELIGENCIA ARTIFICIAL Y SISTEMAS EXPERTOS EN LA GEODESIA
ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND EXPERT SYSTEMS IN THE GEODESY

Dr C. Jorge García Díaz (1) Dr C. Reynaldo P. Acosta Gutiérrez (2) Dr C. Ernesto Rodríguez Roche (3)

1. Unidad Científico Técnica GEOCUBA de Investigación y Consultoría. jgdyoyo21@gmail.com
2. Unidad Científico Técnica GEOCUBA de Investigación y Consultoría. rildapiti@nauta.cu
3. Unidad Científico Técnica GEOCUBA de Investigación y Consultoría. err1960@gmail.com

RESUMEN: En este trabajo se presenta una aplicación de Inteligencia Artificial (IA) para solucionar el problema de la creciente demanda de información geodésica especializada las 24 horas del día de forma automatizada. Se trata de una de las áreas de estudio principales y probadas de la IA: un Sistema Experto en Geodesia (SEG) que se comporta como un experto humano en el dominio de la Geodesia. Funciona en un ambiente web sobre software libre bajo arquitectura cliente – servidor, tanto en ordenadores de escritorio como en celulares desde el terreno donde operan las brigadas de topografía. El SEG es capaz de procesar consultas en lenguaje natural (LN) de forma instantánea tanto para consultas pasivas de información geodésica, como para consultas activas que demandan un procesamiento en el servidor. Dentro de las consultas activas se encuentran las transformaciones de coordenadas entre superficies planas, elipsoidales y espaciales referidas al sistema y época que defina el usuario, unidades de medidas, formatos angulares y mucho más.

Palabras Claves: *Inteligencia Artificial, Sistemas Expertos, Geodesia, Web*

ABSTRACT: In this work an application of Artificial Intelligence is presented (IA) to solve the problem of the growing demand of specialized geodesic information the 24 hours of the day in an automated way. It is one of the main and proven study areas of the IA: an Expert System in Geodesy (SEG) that behaves as a human expert in the domain of the Geodesy. It works in an ambient web over free software in client - servant architecture, so much in desk computers as in cellular from the land where operate the topography brigades. The SEG is able to process consultations in natural

language (LN) and instantaneous way for passive consultations of geodesic information, like for active consultations that demand a prosecution in the servant. Inside the active consultations they are the transformations of coordinates among plane, ellipsoidal and space surfaces, referred to the system and time that it defines by the user, units of measures, angular formats and much more.

KeyWords: *Artificial intelligence, Expert Systems, Geodesy, Web*

Recibido:23/09/2023

Aprobado:13/11/2023

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de las tecnologías en los últimos 10 años, ha diversificado los productos de la familia Geodesia y Topografía. Cada uno de ellos cuenta con los Documentos Técnicos Normalizativos (DTN), Normas de Procesos Tecnológicos (NPT), Normas Ramales (NR), Normas Cubanas (NC), Normas ISO (NI) y los documentos propios de la tecnología que el fabricante elabora entre otros. Cada empresa de acuerdo a su sistema de gestión de la calidad emite disposiciones especiales, aprobando oficialmente el conjunto de documentos técnicos (DT) de acuerdo a los productos que comercializa. Todos estos DT conforman el “Cómo hacer” (conocimiento) para elaborar cada producto. La cantidad de los mismos ya se hace inmanejable y se necesita de expertos humanos para orientar el empleo de los mismos o para dar respuesta a una demanda creciente de información en el dominio de la Geodesia. Lo que sucede es que los expertos humanos de forma general no están disponibles las 24 horas, algunos de ellos se conectan con poca frecuencia y además algunos no son buenos comunicadores para dar la respuesta exacta y concreta a la consulta que se le realiza. Para dar respuesta a esta problemática se acude a una ciencia fascinante, muy conocida, pero con pocas aplicaciones en el mundo empresarial cubano: la Inteligencia Artificial (2000). Lograr que el ordenador se comporte como un experto humano es una de las tareas principales en el campo de IA. Existen cuatro áreas principales en las cuales la IA se ha centrado: la simulación sensorial, el procesamiento del lenguaje natural (PLN), la Robótica para trabajos mecánicos y los Sistemas

Página 2 de 14

Expertos (SE) en determinado dominio del conocimiento (Ver fig. 1). Los SE tienen un impacto probado en la producción y los servicios de una empresa. Sin embargo su uso es limitado por varias razones: la carencia de ingenieros del conocimiento, el tiempo de desarrollo en ocasiones excesivo, la falta de visión en las empresas para invertir y la complejidad del desarrollo solo minimizada por la experticia de los desarrolladores.

Los SE surgen en la década de los 70 del siglo pasado. De forma general crear un SE puede demorar entre 2 y 5 años. En el caso de DENDRAL desarrollado por el instituto de investigaciones de Stanford en E.U.A demoró 10 años (1965-1975) para análisis de estructuras de sustancias químicas. PROSPECTOR (1978) para predecir yacimientos de petróleo, gas y helio fue desarrollado también por el instituto de investigaciones de Stanford y financiado por “U.S. Geological Survey” y por “National Science Foundation”. El primer desarrollo de MYCIN (1972) en el dominio de la medicina para el diagnóstico de enfermedades infecciosas de la sangre demoró 2 años de desarrollo con 20 personas en el proyecto.

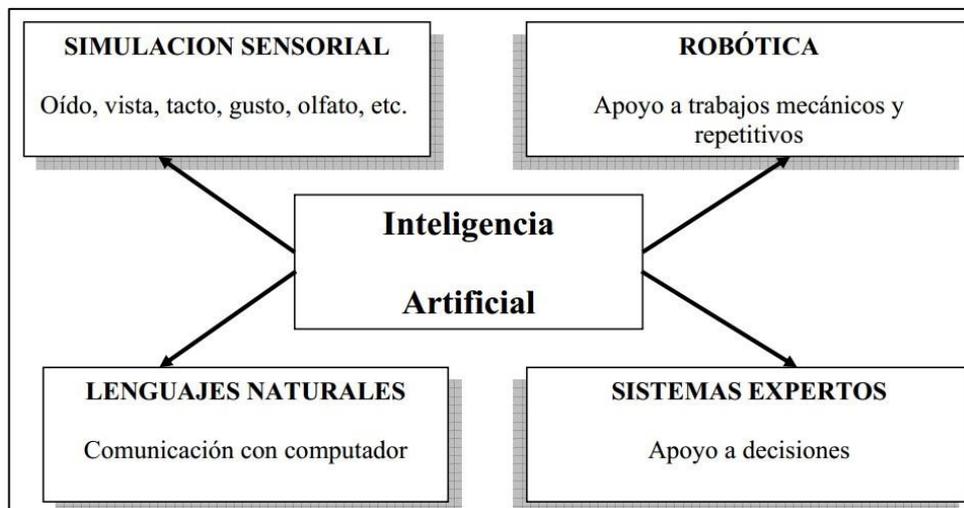


Figura 1. Áreas de estudio e investigación de la IA León (2007).

A finales de 2022 se realiza el lanzamiento del SE “ChatGPT” de la empresa OpenAI (<https://chat.openai.com>) que clasifica como IA generativa de contenidos; no se conoce con precisión el tiempo que demoró su desarrollo, pero si se sabe que fue muy costoso. OpenAI lanza un modelo de lenguaje GPT en junio 2018, GPT-2 en febrero 2019, GPT-3 en mayo 2020, ChatGPT sobre GPT-3.5 en noviembre 2022, GPT-4 y “GPT-4 Turbo” en marzo y noviembre de 2023. Desde febrero 2023 ChatGPT se convierte en la aplicación de consumo de más rápido

crecimiento de todos los tiempos con 100 millones de usuarios mensuales Edwards (2023). Lo interesante de esta aplicación es que es experta en varios dominios, cuando lograr una IA para un solo dominio ya es un reto. En el punto 3.3 se muestra como “ChatGPT” responde a una consulta activa y como responde a la misma consulta activa el SEG creado.

En Cuba los SE han tenido también un desarrollo con aplicaciones en el dominio de la medicina

(DIAG 1997, GALEN CLINICAS 2012, ACCEDO NeuroLab 2016), la agricultura citrícola (CITRUS 2000), la meteorología (ROSET 2010), la hidráulica (SECTRARES 2014) y en el procesamiento de imágenes terrestres por GEOCUBA para Agricultura de precisión.

El SEG denominado “WebTopo” es financiado por GEOCUBA (registrado en CENDA cubano en noviembre de 2020), tuvo 2 años de desarrollo (García 2022), su base de conocimiento (BC) en su versión 2022 tiene 4490 hechos, de ellos 63 reglas de producción y es capaz de satisfacer las demandas de información técnica más frecuentes en el dominio de la Geodesia. Cuenta con hechos basados en casos prácticos conocidos y se implementan con funciones “PL/PostgreSQL” dentro de la base de datos permitiendo hacer cálculos complejos y tediosos de forma instantánea. El servicio es disponible desde un ordenador en su empresa o desde un celular en la zona de trabajo. Las consultas por parte del usuario pueden realizarse en LN a partir de una interface amigable en ambiente web. El motor de inferencia del SEG es capaz de encontrar el conocimiento adecuado de forma eficiente con métodos de búsqueda y técnicas de IA. El desarrollo del SEG se realiza sobre software libre bajo arquitectura cliente-servidor. Utiliza los servidores Web-Apache y DatosPostgreSQL con un Visor de mapas-Leaflet.

2. METODOLOGÍA

2.1 Estructura del SEG

La estructura integral de un SE, se muestra en la Fig. 2 (Badaró 2013). La implementación de la estructura permite adquirir, representar, tratar y utilizar el conocimiento Digixem360 (2023).

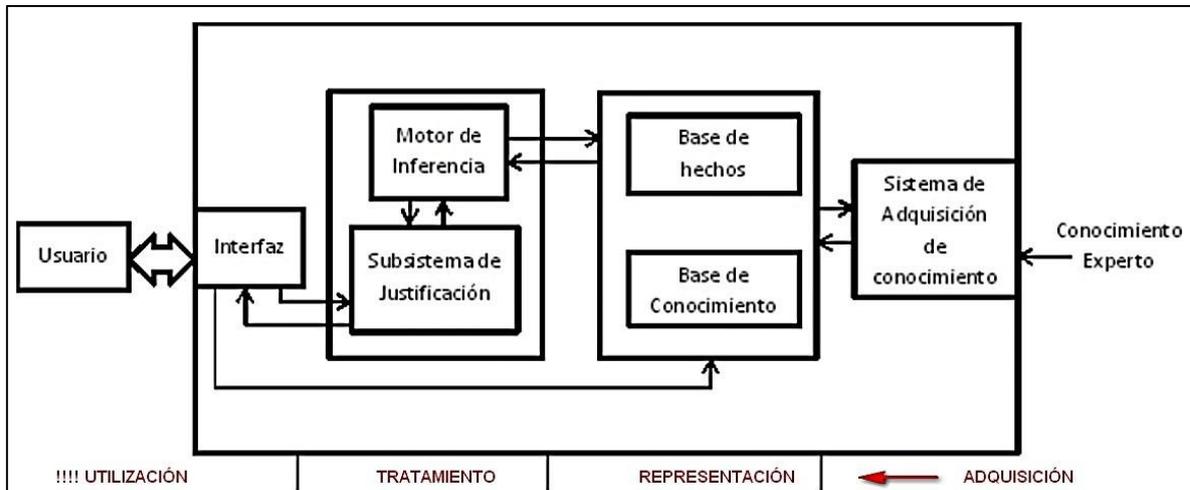


Figura 2. Estructura de un Sistema Experto.

Con el completamiento de la BC del SEG WebTopo y el desarrollo e implementación de su motor de inferencia (MI) se logra implementar el diseño de software previamente realizado. Es oportuno señalar que el diseño se cumplió al pie de la letra, alcanzando cada requisito funcional y no funcional. Las vistas en la realización de los casos de usos definidos fueron creadas y enriquecidas en función de satisfacer los requisitos materializados en la Interfaz del usuario (IU). Se realizan los tres elementos del SEG: BC, MI, IU.

2.2 Base de conocimiento del SEG

La BC contiene el conocimiento específico en el dominio de la Geodesia, es decir: un conjunto de hechos, un conjunto de reglas que definen relaciones en el dominio, y un conjunto de métodos heurísticos e ideas para resolver problemas en el dominio. El MI contiene los programas necesarios para manejar el conocimiento de la base. La BC de WebTopo se completó en dos partes. (Fig. 3). El SEG clasifica como un SE basado en reglas de producción (RP) con elementos basados en casos. Cuenta con un MI que utiliza encadenamientos tanto hacia delante como atrás. Un aspecto novedoso en el MI, es la inclusión de funciones PL dentro de PostgreSQL desarrolladas por el autor, capaces de construir de forma efectiva un árbol de búsqueda para alcanzar la respuesta objetivo.

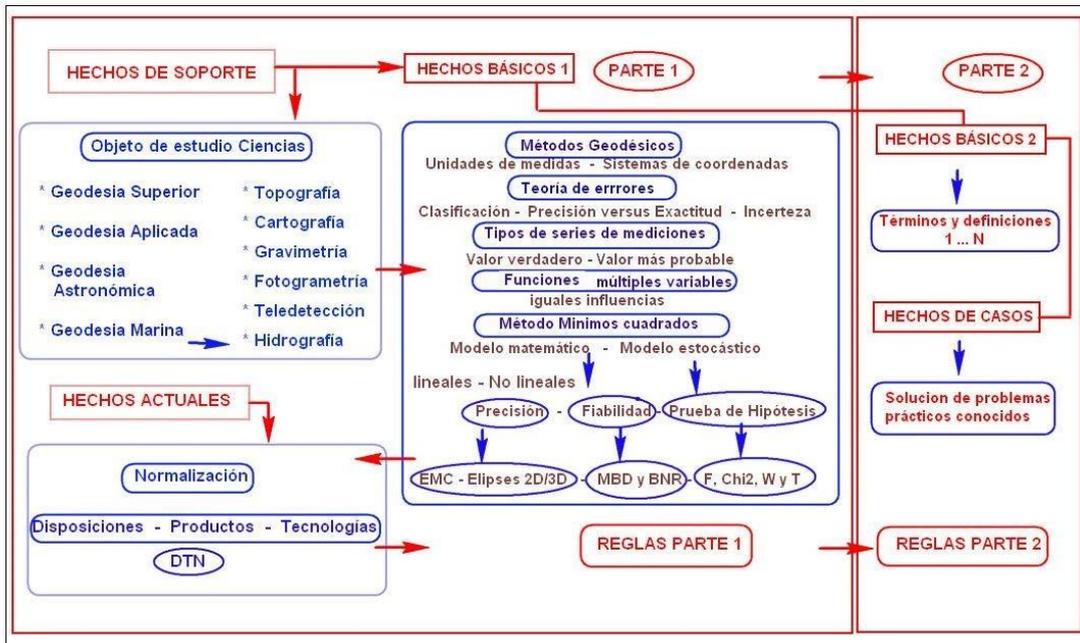


Figura 3. Base de conocimiento del SEG. Fuente: El autor.

2.3 Reglas de producción del SEG

El MI para manejar la BC creada para el SEG automatizado construye el árbol de búsqueda e inferencia, esencial para implementar un árbol de búsqueda heurística AO* para llegar en cada demanda de información al estado objetivo correcto. Las RP para el dominio “Geodesia” son agrupadas por contenido (García 2022). El SEG infiere conocimiento de la BC (encadenamiento hacia adelante) como se muestra en la Fig. 4 con un ejemplo de la consulta: ¿Puedo evitar errores por lluvias?

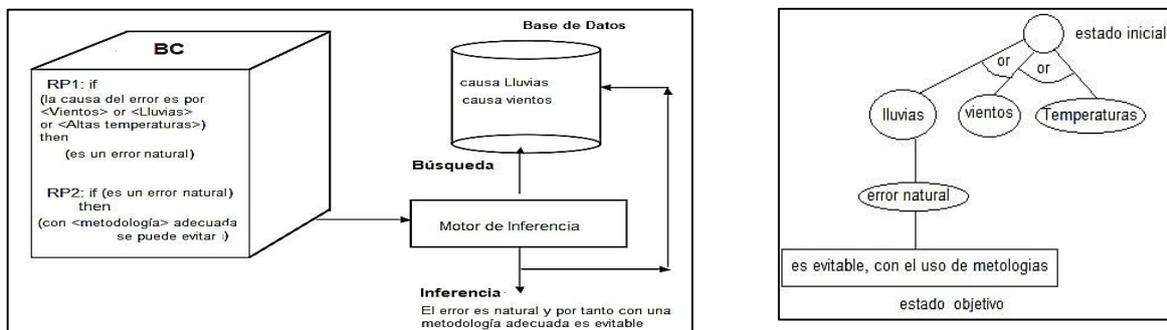


Figura 4. Funcionamiento del SE ante una consulta.

Con un tratamiento adecuado de cada palabra utilizada en la consulta, no importa el orden de la demanda de información, la respuesta será la misma. El usuario no solo recibe la respuesta, sino como se llegó a ella. Para responder a las preguntas ¿Cómo? y ¿Por qué?, el SE debe recurrir a todos los pasos de la inferencia Bratkov (1999).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para ejemplificar el funcionamiento del SEG a continuación se muestran cinco ejemplos agrupados en dos grupos de acuerdo al tipo de consulta que el usuario realiza (cuatro pasivas y una activa). Las consultas pueden ser pasivas (cuando se demanda información existente en la BC que no implica un procesamiento adicional de datos) o activas (cuando se demanda información existente en la BC que implica un procesamiento adicional de datos a partir de casos básicos conocidos).

3.1 Ejemplos de consultas pasivas respondidas por el SEG

Las respuestas a los ejemplos de consultas pasivas se presentarán en modo de desarrollo explicando cómo se deduce cada regla (color azul). En modo de producción esta explicación se omite presentando solo la respuesta (color verde). En la parte superior derecha de la IU (ver Fig. 5) puede seleccionarse el modo de respuesta deseado. **Ejemplo 1. Teoría de errores**

La teoría de errores es una categoría fundamental en Geodesia, por ello forma parte de la BC como se muestra en la Fig. 3. En la Fig. 5, se consulta sobre teoría de errores.

Servicio de información interactiva - Consultas del Usuario -:

Tipo de consulta: BASE DE CONOCIMIENTOS | PERFIL DEL CLIENTE: Geodesta | Modo WebTopo: Desarrollo

ID consultas: Ninguno

EXPERTOS: Ninguno |

?SATISFACE LA RESPUESTA CON ID: ? SR |

se deducen las reglas con entradas en el antecedente de las claves presentes en la pregunta, funcion aplicar_regla_2

clave : -error | token :tipo- CON resultados

nombre de la regla :-r2-

consulta : select características,accion from clasif_error_0 where tipo ='natural' order by (1)

peso de la regla :6 es :1

características	accion
errores provocados por la naturaleza	evitables, con una metodologia adecuada en horarios adecuados

Total de resultados: 1

Figura 5. Consulta y Respuesta del SEG, ejemplo 1 “Teoría de errores”.

Ejemplo 2. Términos geodésicos

En la Fig. 6 las consultas sobre términos geodésicos, se consideran pasivas. El SEG incluye en su BC un glosario de términos con más de 700 términos geodésicos aprobado por el Instituto de Información Estadística y Geográfica de Jalisco en México (IEGJ). Este glosario fue seleccionado en la vigilancia tecnológica realizada en los inicios del proyecto de investigación (García 2019). El uso de un glosario ya validado acelera la ejecución del proyecto.

Como se muestra en la Fig. 6, es posible preguntar por varios términos en una sola consulta. En el campo “fuente” existe un enlace para acceder al glosario completo.

Servicio de información interactiva - Consultas del Usuario -:

Tipo de consulta: BASE DE CONOCIMIENTOS | **PERFIL DEL CLIENTE:** Geodesta | **Modo WebTopo:** Desarrollo

ID consultas: Ninguno

EXPERTOS: Ninguno | [Mostrar Respuestas](#)

?SATISFACE LA RESPUESTA CON ID: SR | [Evaluar](#)

Webtopo, puedes decirme que es Acimut: y Rumbo:?

[Enviar](#)

se deducen las reglas con entradas en el antecedente de las claves presentes en la pregunta, función aplicar_regla_2

clave : -termino | token :Acimut- CON resultados

nombre de la regla :-r4-

consulta : select id,termino,resumen,refer,fuente from terminos where termino ='Acimut:' order by (1)

peso de la regla :9 es :1

id	termino	resumen	refer	fuentes
4	Acimut:	Ángulo que forma una línea con la dirección Norte-Sur; medida de 0° a 360° en el sentido de las manecillas del reloj.	(ITTEJ; 2003).	Glosario

nombre de la regla :-r4-

consulta : select id,termino,resumen,refer,fuente from terminos where termino ='Rumbo:' order by (1)

peso de la regla :9 es :1

id	termino	resumen	refer	fuentes
619	Rumbo:	Es el ángulo que forma una línea; con el eje norte-sur contando de 0° a 90° a partir del Norte a del Sur; hacia el Este o hacia el Oeste. Su denominación será de acuerdo al cuadrante de referencia que puede ser; Noroeste; Suroeste; Noreste y Sureste.	(INEGI; 1994).	Glosario

Figura 6. Consulta y Respuesta del SEG, ejemplo 2 “Términos geodésicos”.

Ejemplo 3. DTN de productos específicos del usuario o tecnologías del proveedor

Los DTN pueden consultarse, ya sea por un producto o por una tecnología específica. En la Fig. 7 se muestra una consulta por determinado producto.

Servicio de información interactiva - Consultas del Usuario -:

Tipo de consulta: BASE DE CONOCIMIENTOS | PERFIL DEL CLIENTE: Geodesta | Modo WebTopo: Desarrollo

ID consultas: Ninguno

EXPERTOS: Ninguno

*SATISFACE LA RESPUESTA CON ID: ?

Webtopo, muestrame por favor los dtn para el producto replanteos con fecha 2011

se deducen las reglas con entradas en el antecedente de las claves presentes en la pregunta, funcion aplicar_regla_2
 clave : -dtn | token :producto- CON resultados
 nombre de la regla :r6
 consulta : select id,cod_dtn,denominacion,refer from public.dtn where palabra_clave2 ='replanteos' and fecha between '1-01-2011' and '31-12-2011' order by (1)
 peso de la regla :11 es :1

id	cod_dtn	denominacion	refer
49	MAN_30-05_2011	Manual para procesamiento en tiempo real de replanteos espaciales con Estaciones Totales y GPS sobre plataforma CARTOMAP	Doc
50	MAN_30-06_2011	Manual para replanteos espaciales con Estaciones Totales de la serie Leica FlexLine TS 02/06/09	Doc

Total de resultados: 2

Figura 7. Consulta y respuesta del SEG, ejemplo3 “DTN de un producto”.

En la Fig. 8 la consulta al SE se realiza sobre DTN de una tecnología, en este caso DRONES. De igual manera funciona para el resto de las tecnologías actuales. En la IU puede consultarse: descripción técnica, manual de usuario del fabricante, y videos seleccionados.

Servicio de información interactiva - Consultas del Usuario -:

Tipo de consulta: BASE DE CONOCIMIENTOS | PERFIL DEL CLIENTE: Geodesta | Modo WebTopo: Desarrollo

ID consultas: Ninguno

EXPERTOS: Ninguno

*SATISFACE LA RESPUESTA CON ID: ?

Webtopo, ahora resume los dtn existentes para tecnologia DRONES

se deducen las reglas con entradas en el antecedente de las claves presentes en la pregunta, funcion aplicar_regla_2
 clave : -dtn | token :tecnologia- CON resultados
 nombre de la regla :r7
 consulta : select id,nombre_tecn,descripcion_tecn,imagen,manual_usuario,video from public.tecnologias where nombre_tecn ='DRONES' order by (1)
 peso de la regla :12 es :1

id	nombre_tecn	descripcion_tecn	imagen	manual_usuario	video
17	DRONES	Levantamientos con VANS: Datos técnicos		Otros	Aerías 0 Aerías 1 Aerías 2 Plan de vuelo 1 Plan de vuelo 2 Parrot Sensor

Total de resultados: 1

Figura 8. Consulta y respuesta del SEG, ejemplo3 “DTN de una tecnología”.

Ejemplo 4. Muestra de mapas de redes geodésicas.

A la consulta sobre mapas con redes geodésicas, en la Fig. 9 se muestra la respuesta, al hacer clic sobre el enlace “Mapa con RGF” se muestra el mapa que aparece en la Fig. 10. De igual forma

puede solicitarse por su nombre una o más estaciones geodésicas específicas pertenecientes a cualquiera de las redes geodésicas nacionales (Ejemplo: “Muestra las coordenadas del punto de la RGB2 2G15 2G20”). Otra consulta útil es crear un buffer circular con la distancia en km indicada por el cliente para saber las estaciones existentes en un radio determinado “Dime estaciones a 100Km desde 2G15”.

Servicio de información interactiva - Consultas del Usuario -:

Tipo de consulta: BASE DE CONOCIMIENTOS | PERFIL DEL CLIENTE: Geodesta | Modo WebTopo: Desarrollo

ID consultas: Ninguno

EXPERTOS: Ninguno Mostrar Respuestas

?SATISFACE LA RESPUESTA CON ID: ? SR Evaluar

Enviar

clave : -mapa | token :base- CON resultados
 nombre de la regla : -r36
 consulta : select refer,obs as observaciones from bases_mapas where base="bases_rgf" order by (1)
 peso de la regla :41 es :1

refer	observaciones
Mapa con RGF	<p>RED GEODESICA FUNDAMENTAL DE CUBA:GEOCUBA ejecuta en el país la Red Geodésica fundamental (RGF) en el 2015 con 4 equipos de triple frecuencia GR10 y antenas “choke ring” AR10. Se ejecutaron los trabajos en dos etapas cada una de unos dos meses (21 de abril al 25 de junio de 2015 y entre 9 de septiembre y 17 de noviembre de 2015) (Roche,2015). Se puede decir si fuera una campaña continua, que la RGF se habría medido en 4 meses con 4 equipos. La RGF se compone de 41 estaciones. La ocupación de estaciones se realizó en tres sesiones de 24 horas la mitad de la RGF y dos sesiones de 24 horas la otra mitad.</p>

Figura 9. Consulta y respuesta del SEG, ejemplo 4 “Mapas de redes geodésicas”.



Figura 10. Respuesta del SEG, a consulta sobre mapa de la RGF (ejemplo 4).

3.2 Ejemplos de consultas activas respondidas por SEG

Las consultas activas son atendidas por el SEG basándose en hechos de casos básicos de la práctica geodésica. Entre ellos se encuentran: evaluación de errores con funciones de varias variables, las tareas geodésicas directa e inversa, transformación de coordenadas, unidades de medidas y formatos angulares. En el SEG estos casos se programaron como funciones en lenguaje PL/PostgreSQL que son disparadas por la RP que el MI ha detectado en la consulta. **Ejemplo 5. Transformaciones de coordenadas**

La transformación que se demanda en la Fig. 11 por el usuario no es trivial. Para lograr transformar desde el plano ‘cuba_sur’ al elipsoide ‘itrf2014’ o ‘wgs1984’ en una época dada se necesita encadenar cinco transformaciones: plano local a elipsoide local, elipsoide local a espacio local, espacio local a espacio global (intervienen los parámetros oficiales de transformación nacional), espacio global a elipsoide global y formato angular “grados” al formato “grados_minutos_segundos” (en la Fig. 11 entre paréntesis ubicada en la respuesta del SE). Si el cliente desea además referir a una época de observación como es el caso, ocurre una sexta transformación utilizando una tabla existente en la BC con las velocidades por ejes en metros/año. Sin duda se trata de una consulta muy activa que genera ejecutar algoritmos para seis transformaciones distintas, todas muy especializadas.

Cualquiera de las seis transformaciones mencionadas puede solicitarse de forma independiente. Ahora bien, comparemos esta respuesta del SEG con la respuesta del conocido SE ChatGPT (versión que utiliza modelo de IA GPT 3.5), y que se mencionaba en el punto 1.

Servicio de información interactiva - Consultas del Usuario -:

Tipo de consulta: BASE DE CONOCIMIENTOS | PERFIL DEL CLIENTE: Geodesta | Modo WebTopo: Desarrollo

ID consultas: Ninguno

EXPERTOS: Ninguno |

?SATISFACE LA RESPUESTA CON ID: ?

necesito transformar coordenadas desde plano cuba_sur a elipsoide itrf2014
6328158.741# 351357.269# 40.128# y ademas referir a la epoca 2000#, gracias

se deducen las reglas con entradas en el antecedente de las claves presentes en la pregunta, funcion aplicar_regla_2
clave : -transformar | token :transformar- CON resultados
nombre de la regla :-r47-
consulta : select fn_plano_elipsoide_v4(6328158.741,351357.269,40.128,'cuba_sur','itrf2014',2000) as elipsoide_itrf2014
peso de la regla :57 es :1

elipsoide itrf2014
Lat: 12.9435181465712(125636.66533) Lon: -22.5935168658761(- 223536.66072) Helip: 92.3775

Total de resultados: 1

Figura 11. Consulta y respuesta del SEG, ejemplo 5 “transformación de coordenadas”.

3.3 Respuesta de ChatGPT a la consulta “transformar coordenadas”

Como se observa en la Fig.12 ChatGPT responde que es una consulta muy especializada y se “requiere software especializado y conocimientos geodésicos”. Lo interesante es que, aunque no puede satisfacer la demanda explica de forma muy profesional el proceso de transformación que anteriormente se mencionaba en cuanto a que no se trata de una transformación trivial.



Figura 12. Consulta y respuesta de ChatGPT, ejemplo5 “transformación de coordenadas”.

3.4 Pruebas de eficiencia

Se formularon al SEG 1500 consultas de forma aleatoria por parte de tecnólogos y colaboradores, con un 98% de respuestas correctas, el otro 2% no se pudo inferir correctamente y nos sirve para realizar algunos ajustes, lo cual es normal. En un inicio, durante el diseño de la BC se conformaron algo más de 200 RP. Sin embargo, al implementar las mismas en un gestor de base datos como PostgreSQL/Postgis se redujeron a solo 63 RP (actualización 2022 del SEG). Internacionalmente se acostumbra a medir la capacidad del SE por la cantidad de reglas en su BC. Sin embargo, si se logra la misma eficiencia con un mínimo de RP, el SE funcionará mucho más rápido. Se concluye que el SEG pasa las pruebas de eficiencia satisfactoriamente.

3.5 Singularidad del desarrollo del SE

En este proyecto existe una singularidad: el rol del ingeniero del conocimiento y el rol del experto principal convergen en una sola persona. Aunque se recomienda en IA que estos roles estén bien diferenciados y definidos, en este caso ha sido una fortaleza con el detalle de que los dos roles se conocen y se intentó respetar siempre los límites de cada uno, aunque con la presencia inevitable del factor subjetivo. Sin embargo, no hay dudas de que se avanza mucho más rápido. Una de las causas de la demora en desarrollar un SE es el tiempo invertido en que el ingeniero del conocimiento logre eficientemente “extraer conocimiento” del experto para crear la BC.

3.6 Procesamiento de lenguaje natural

Para procesar el LN, como novedad se adicionan en la categoría RP de la BC, 20 variantes para detectar de forma automática las claves “ocultas” en la consulta del usuario expresada en LN y sobre el dominio “Geodesia”. La práctica demostró que tres variantes en la mayoría de los casos son suficientes. Detectar las claves “ocultas” es precisamente detectar el contexto.

El SEG completa un análisis lexicográfico, sintáctico y semántico de la consulta del usuario. En cada inferencia se le presta más atención al hecho de inferir el contexto que a tratar de entender una Gramática en ocasiones tan ambigua como puede ser el LN humano. Es interesante que este algoritmo logra dar una respuesta efectiva incluso sin utilizar AO*.

3.7 Límites del Dominio a que pertenece el SEG

El SEG se comporta no solo como un experto humano en Geodesia, en su BC se incluyeron reglas de cortesía, ética, geografía política y cultura general. El SEG puede ser “instruido” con un nuevo conocimiento en cualquier dominio, solo se necesita incluirlo en la BC. Por supuesto, este trabajo requiere un financiamiento.

En las universidades cubanas la carrera “Ciencias de la computación” incluye en su programa la enseñanza de cómo construir un SE dentro de la disciplina IA, es un tema que el estudiante debe dominar para graduarse. ¿Por qué estas aplicaciones son tan escasas, aun cuando reporta grandes beneficios?, para cambiar esta realidad un primer paso puede ser fortalecer la relación “universidades – empresas”. En el contexto actual el SEG ha tenido dificultades con la disponibilidad de una infraestructura para prestar el servicio de forma ininterrumpida, una vez esta infraestructura sea creada se realizará el lanzamiento del SEG como parte de un servicio geodésico nacional.

4. CONCLUSIONES

Los beneficios para una empresa por la implementación de un SE son considerables. El SEG abre muchas alternativas para encontrar la información exacta especializada desde un simple celular en el terreno donde operan las brigadas de topografía.

El SEG es una aplicación de la IA a la Geodesia que multiplica el trabajo de expertos en disímiles tareas relacionadas con la Geodesia. El software creado es aplicable para crear SE para otras familias de productos; solo se necesita crear la BC en el dominio deseado y pequeños ajustes en la Interfaz del usuario y el motor de inferencia. Nace otro producto en nuestro contexto: Desarrollo de Sistemas Expertos.

5. REFERENCIAS

Amit K. (2000). “Artificial Intelligence and soft computing. Behavioral and Cognitive Modeling of the Human Brain”. Universidad de Calcuta en la India. En inglés (788 Pág.)

Bratkov I. (1999). “Prolog Programming for Artificial Intelligence”. Addison Wesley. Segunda edición. New York. En inglés. (419 Pág.)

Badaró S. (2013). Sistemas Expertos: Fundamentos, Metodologías y Aplicaciones. Universidad de Palermo. En español. (16 Pág.)

Digixem360. (2023). Sistemas expertos: Guía Completa: qué es, para qué sirven, clasificación. (<https://www.innovaciondigital360.com/es/i-a/sistemas-expertos-que-son-su-clasificacioncomofuncionan-y-para-que-se-utilizan/>). Redacción Innovación digital 360.

Edwards B. (2023). Año uno de ChatGPT: así ha cambiado el mundo desde la llegada del chatbot de OpenAI. Adaptación por Wired.com de artículo original en Ars Technica

García J. (2019). Vigilancia tecnológica sobre bases de conocimientos y sistemas expertos. Proyecto de desarrollo tecnológico de GEOCUBA.

García J. (2022). Sitio Web del Topógrafo v2022. Manual de usuario. En español. (22 Pág.) **León**

T.Q. (2007). Sistemas Expertos y sus aplicaciones. Universidad autónoma del estado de Hidalgo en México.

(<https://es.wired.com/articulos/ano-uno-de-chatgpt-asi-ha-cambiado-el-mundo-desde-lallegadadel-chatbot-de-openai>).