



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS

INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE

Departamento de Ciencias de la Computación
Carrera de Tecnologías de la Información Modalidad Presencial

Sistema web para generar vectores simples para corte y grabado laser mediante agentes de IA

Autor: Chafuelan Gramal, Jefferson Stalyn

Docente Tutor: Ing. Puente Ponce, Pablo Francisco, Mgtr.





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

"El software es un gran arte, siempre puede ser mejorado." - Bill Gates



Esquema



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Introducción y problemática

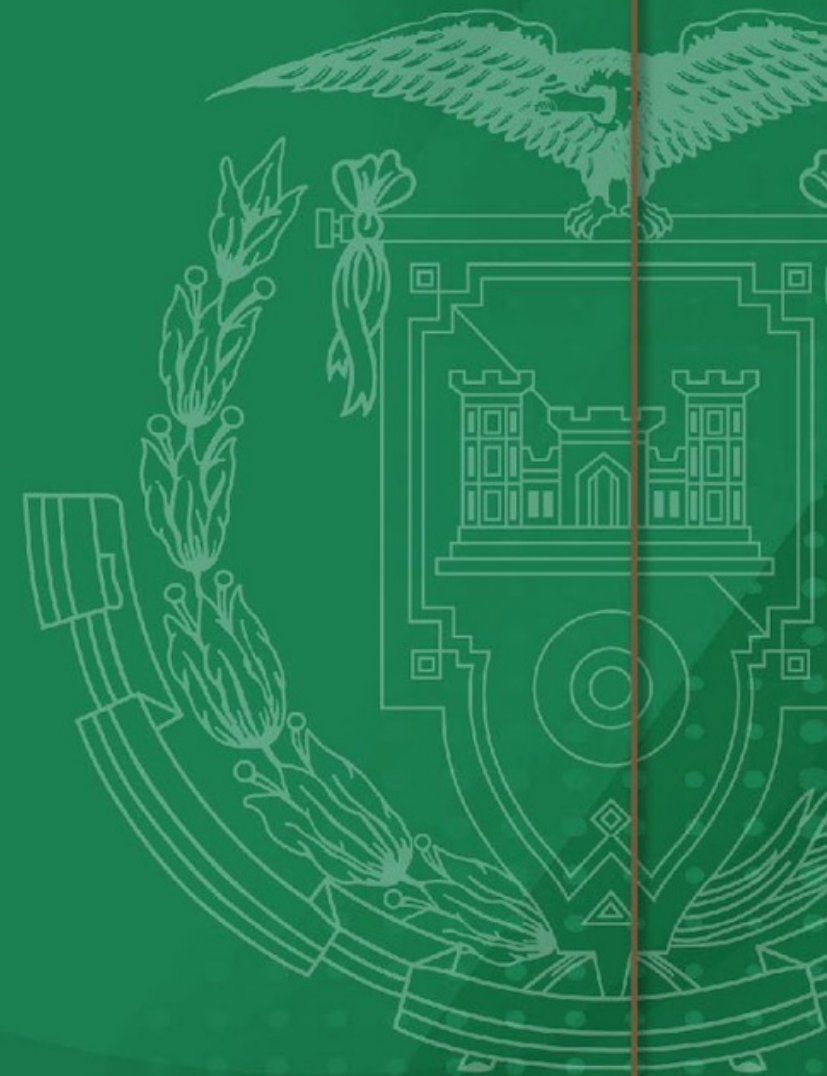
Conclusiones y recomendaciones.

Objetivos del proyecto.

Fundamentos tecnológicos.

Metodología y desarrollo.

Resultados de la evaluación.



Introducción y Problemática

- Evolución de la IA Generativa
- La barrera de accesibilidad (Software CAD)
- El problema técnico y físico



Objetivos del proyecto.

Objetivo General

- Desarrollar un sistema web basado en agentes de inteligencia artificial para la generación automática de archivos vectoriales optimizados para procesos de corte y grabado láser.

Objetivos Específicos

- Analizar el estado del arte de la generación de gráficos vectoriales mediante IA y definir los requerimientos funcionales para la interpretación de comandos de lenguaje natural, Implementar la plataforma web y los agentes inteligentes capaces de transformar "prompts" de texto en geometrías vectoriales cerradas y escalables.
- Desarrollar el backend del sistema integrando la arquitectura de micro-agentes de IA y la interfaz de usuario frontend.



Contexto del Problema

Problema Central

Los usuarios sin experiencia especializada encuentran dificultades para transformar sus ideas en archivos vectoriales técnicamente utilizables.

Preparar un archivo para corte o grabado láser requiere:

- Conocimiento de herramientas de diseño vectorial o CAD.
- Definición de dimensiones, rutas y geometrías cerradas.
- Diferenciación entre elementos destinados a corte y grabado.
- Revisión técnica antes de utilizar el archivo en una máquina láser.



Propuesta de solución

Bezy propone un sistema web que permite:

- Describir un diseño mediante lenguaje natural.
- Ingresar dimensiones.
- Generar una representación vectorial SVG.
- Validar la estructura y el cierre de las rutas.
- Diferenciar operaciones de corte y grabado.
- Descargar archivos SVG y DXF.



Justificación y beneficiarios

Aporte Teorico

Integra modelos de lenguaje, agentes, gráficos SVG, geometría computacional y validación determinista.

Aporte práctico

Reduce tareas manuales en la preparación inicial de archivos vectoriales.

Aporte social

Disminuye la barrera de acceso para estudiantes, emprendedores y talleres pequeños.

Aporte metodológico

Combina telemetría, evaluación técnica y revisión cualitativa.



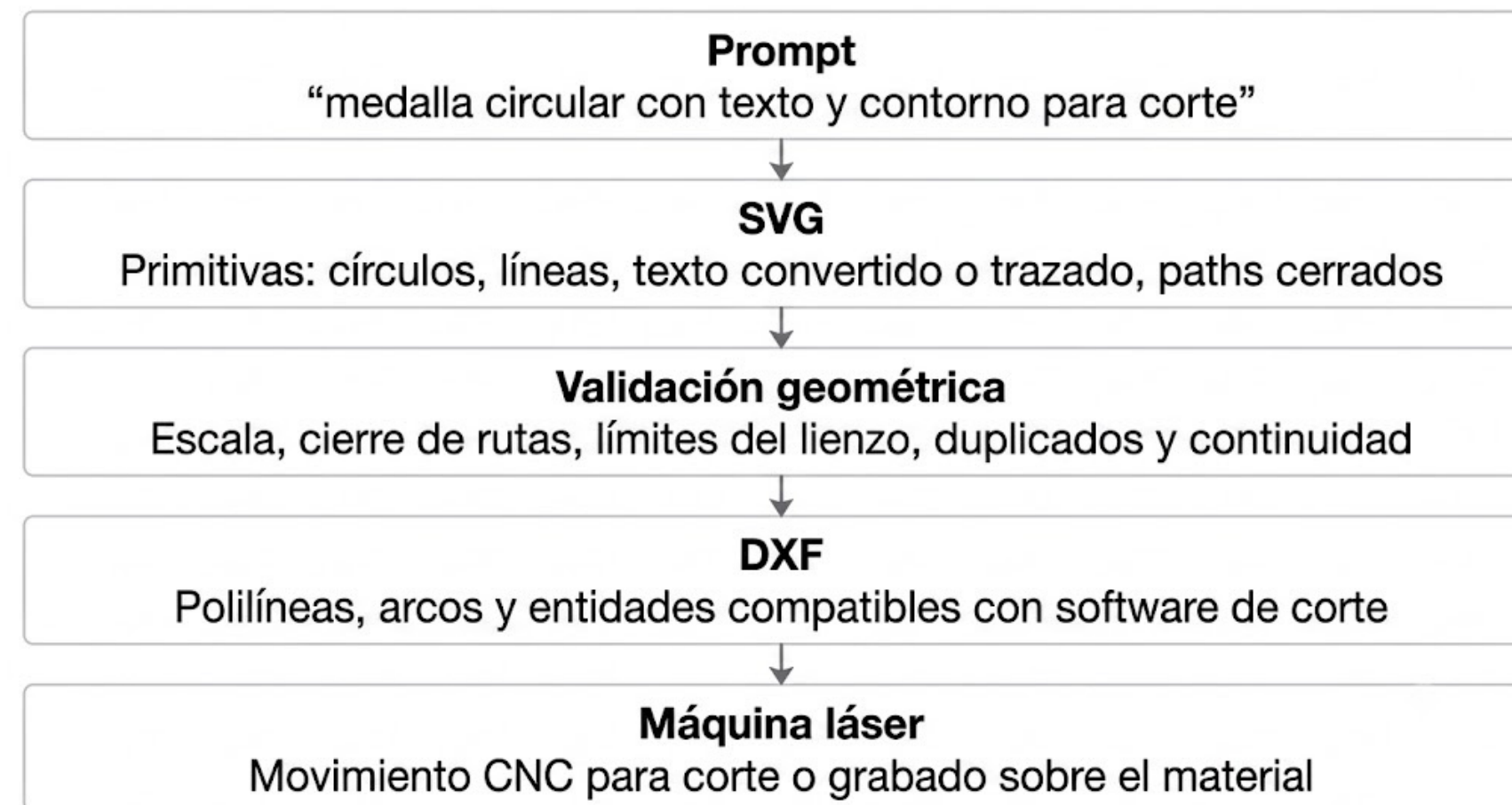
SVG, DXF y fabricación láser

SVG

- Formato vectorial basado en XML.
- Conserva rutas, primitivas, dimensiones y grupos.
- Permite previsualización y validación estructural.

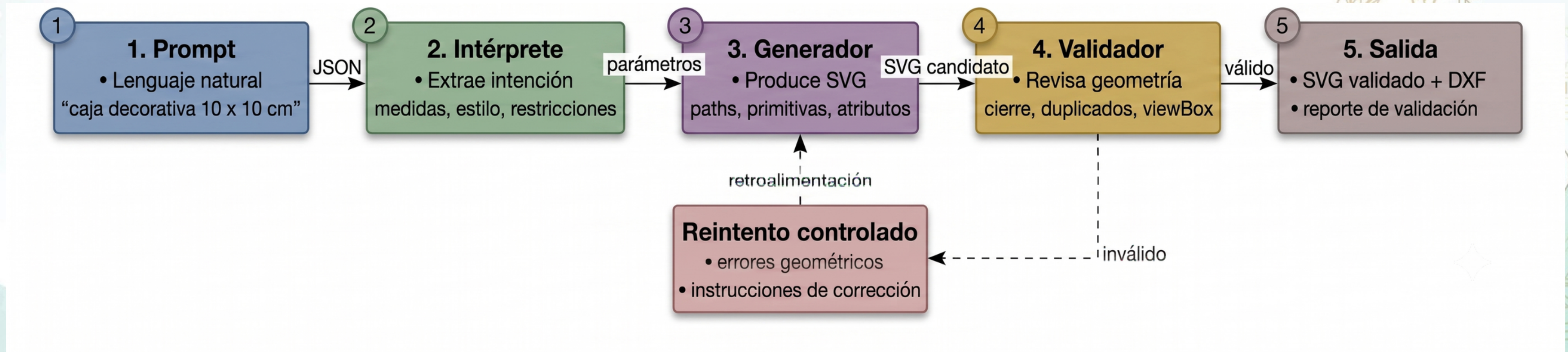
DXF

- Facilita el intercambio con herramientas CAD y CAM.
- Conserva las capas funcionales generadas por Bezy.



Arquitectura multiagente

- Agente intérprete: Extrae medidas, parámetros físicos y variables desde el lenguaje natural.
- Agente generador: Formula la representación vectorial bajo reglas de formato y geometría.
- Validador geométrico: Comprueba estructura, dimensiones, continuidad y cierre de las rutas.



Stack tecnológico



Metodología y desarrollo

Cuantitativo

Examinó latencia,
errores,
repeticiones,
tiempos por agente
y propiedades
técnicas de los
archivos.

Cualitativo

Examinó
correspondencia con
el prompt, claridad
visual y pertinencia
funcional.



Población, muestra e instrumento

90 (Prompts oficiales)
y 30 x 3 (Casos
simples,
intermedios y
complejos)

Langfuse: Estado, latencia, tokens, tiempos y errores.

Supabase: Validez, rutas, dimensiones y métricas geométricas.

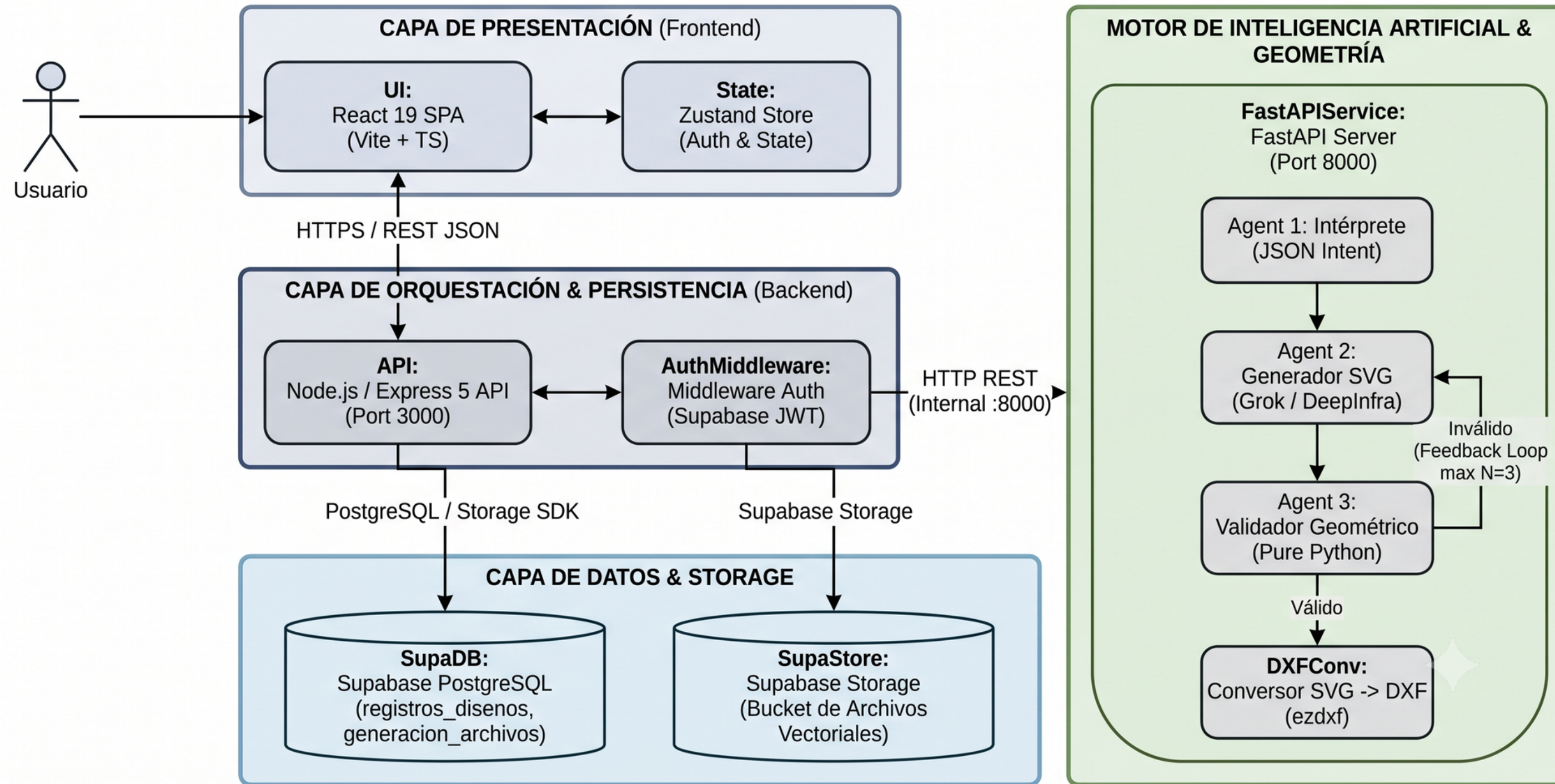
Revisión humana: Análisis cualitativo de los archivos finales.

**121 (Ejecuciones
únicas)**

Desarrollo iterativo mediante Scrum



Arquitectura general de Bezy



Generación Vectorial

Modo Geométrico

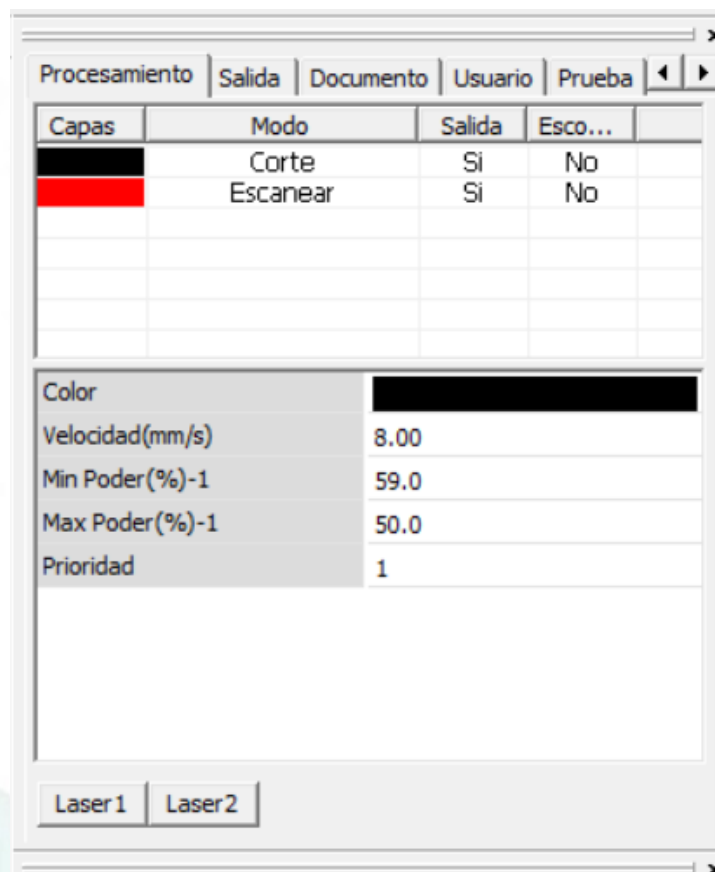
Utiliza un enfoque PAL (Program-Aided Language). El LLM genera un script en Python (utilizando shapely y svgwrite) que dibuja y renderiza matemáticamente el diseño en un SVG

Modo Orgánico

Emplea modelos de difusión visual (ej. FLUX). El sistema bifurca el flujo de manera inteligente: si recibe una imagen ráster, emplea Pillow y Potrace para realizar un calco vectorial; si el modelo devuelve un SVG nativo, extrae matemáticamente los trazados omitiendo el calco.

Clasificación funcional y Capas (Corte vs Grabado)

- Capa de Corte (CUT): Trazos categorizados en el grupo corte y pintados de color negro (#000000). Al exportar a DXF, se sitúan en la capa CUT con el color de índice 7, estándar para corte continuo.
- Capa de Grabado (ENGRAVE): Trazos bajo el grupo grabado en color rojo (#FF0000). En DXF, se envían a la capa ENGRAVE con el color de índice 1.



Cobertura y confiabilidad del pipeline



121 EJECUCIONES EXITOSAS

90 CASOS OFICIALES

Éxito técnico por ejecución: 89,3 %

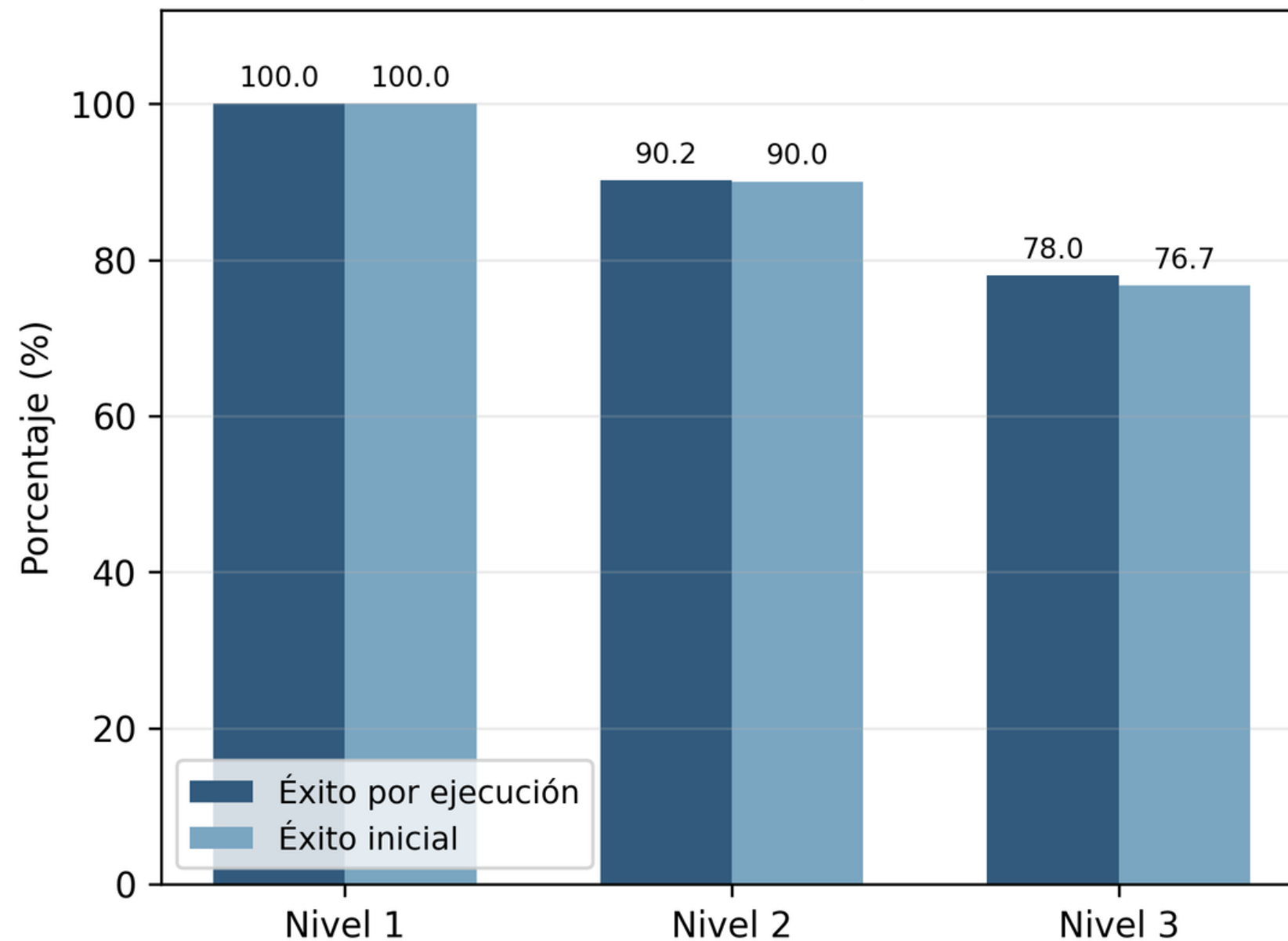
13 EJECUCIONES FALLIDAS

Éxito en el primer intento: 88,9 %

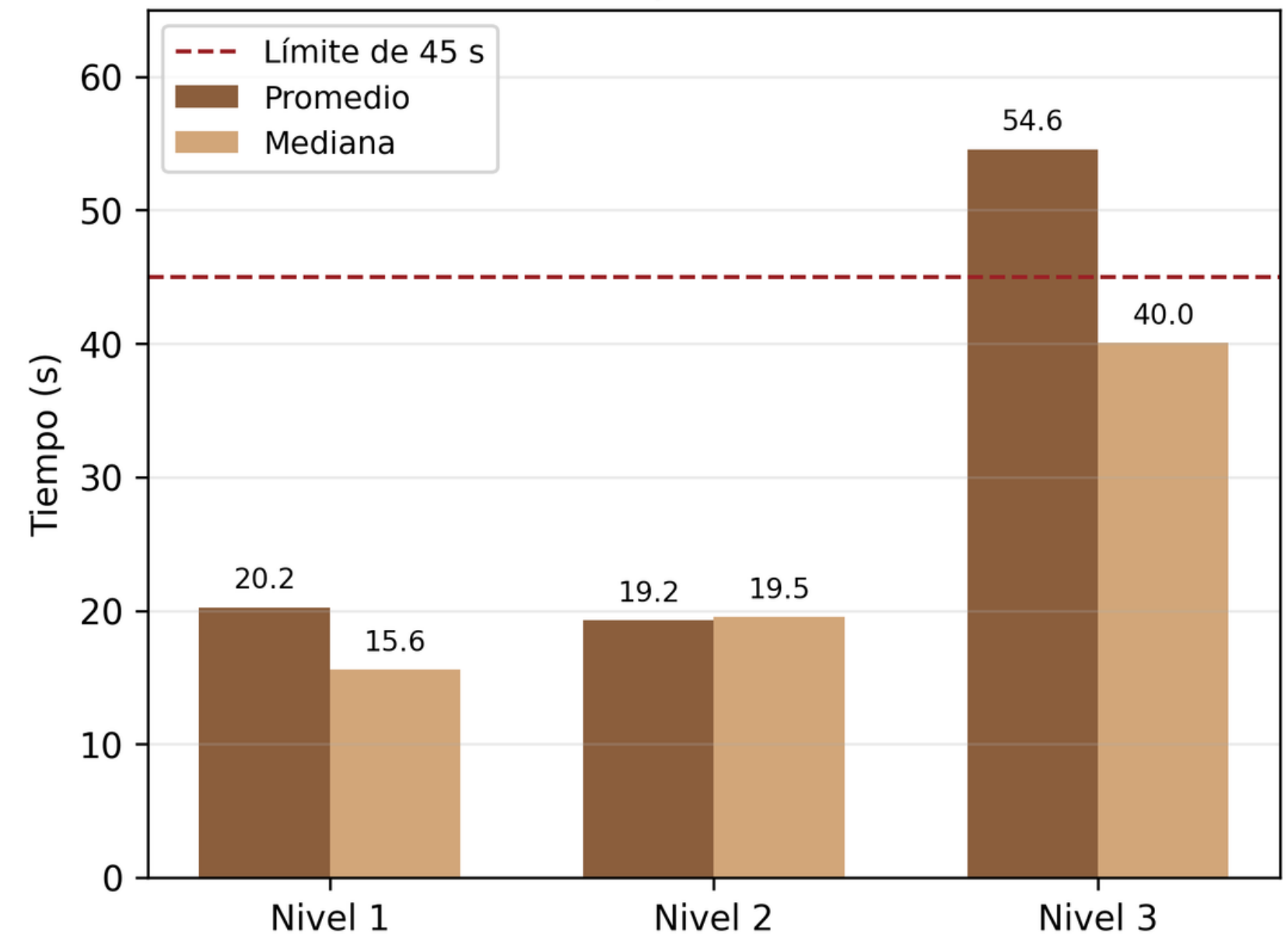
Nivel	Casos Evaluados	Ejecuciones Únicas	Ejecuciones Adicionales
Nivel 1	30	39	9
Nivel 2	30	41	11
Nivel 3	30	41	11
Total	90	121	31

Confiabilidad y latencia por complejidad

Confiabilidad técnica por nivel



Latencia de ejecuciones exitosas



Tokens, tiempo por agente y costo

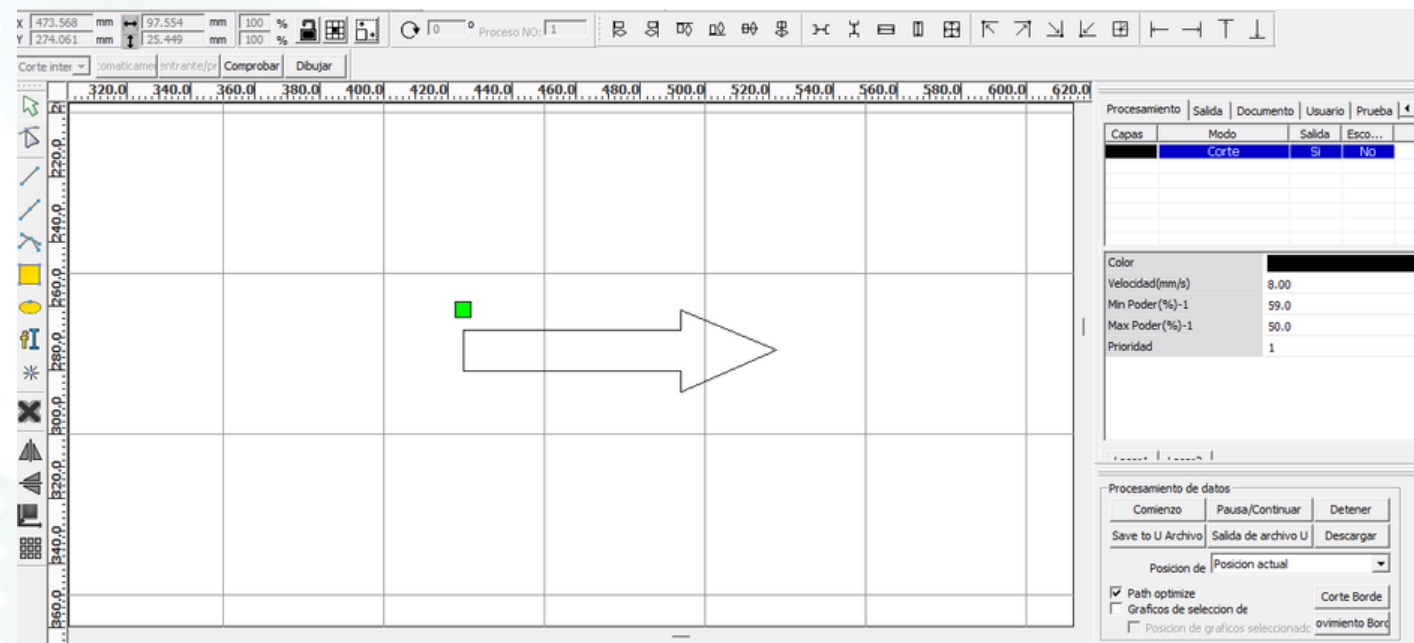
Nivel 1 (3 621), Nivel 2 (3 586) y Nivel 3 (6 949). Destaca la frase: El Nivel 3 utilizó aproximadamente 93,8 % más tokens que el Nivel 2.

La etapa de generación concentró entre 91,0 % y 97,1 % del tiempo total del pipeline.

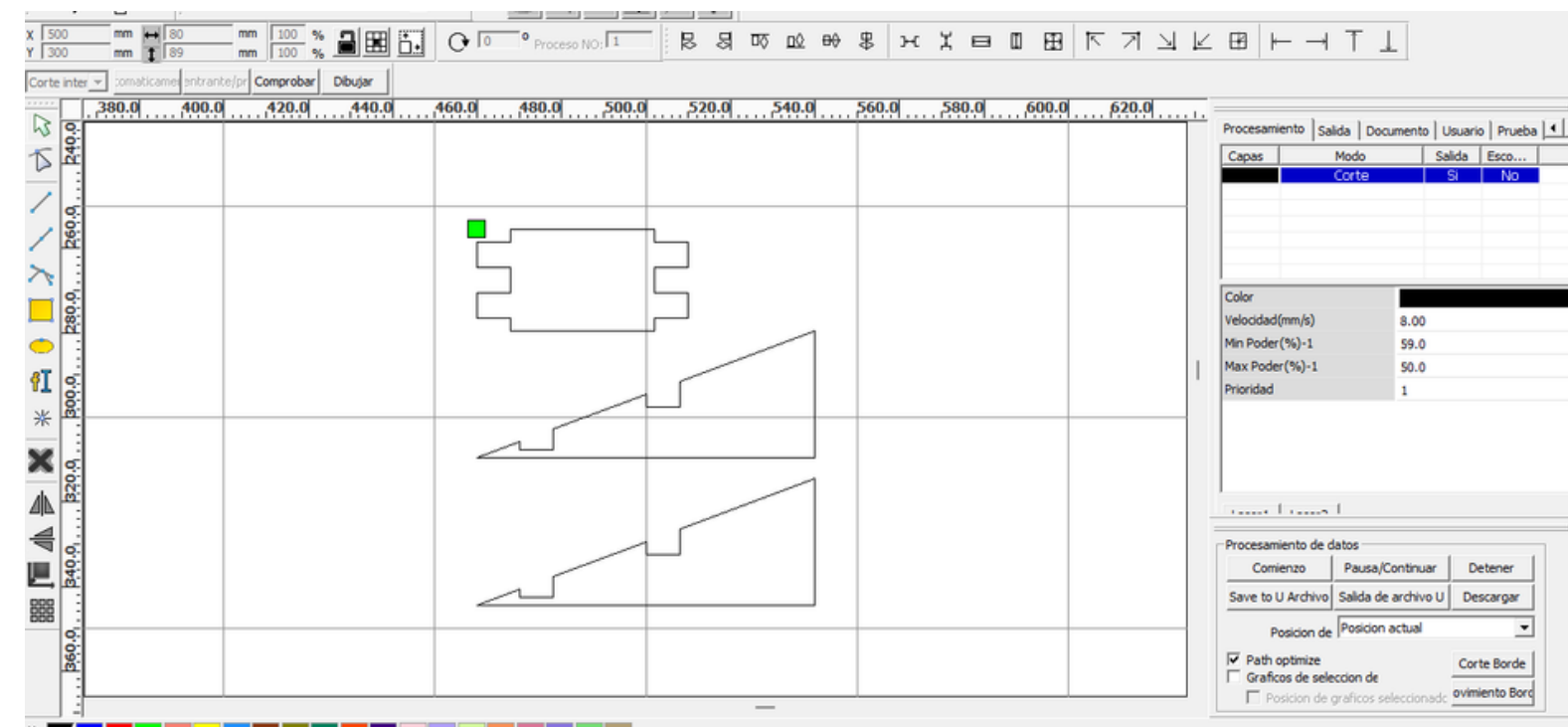
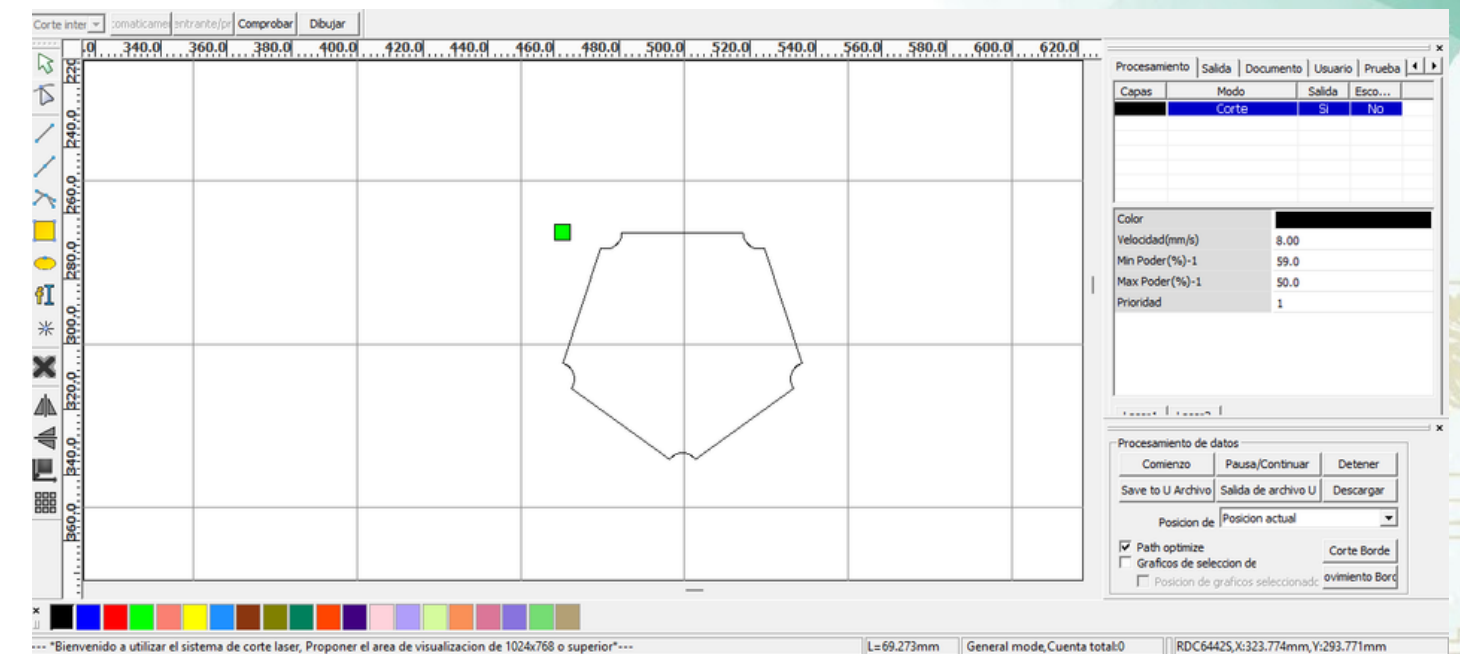
Tipo de Consumo	Tokens	Trifa por millón (USD)	Costo Estimado (USD)
Entrada	214,749	1,3	0,2792
Salida	487,473	2,6	1,2674
Entrada en caché	80,384	0,1	0,008
Total	782,606	-	1,5546

Resultados cualitativos

Nivel 1

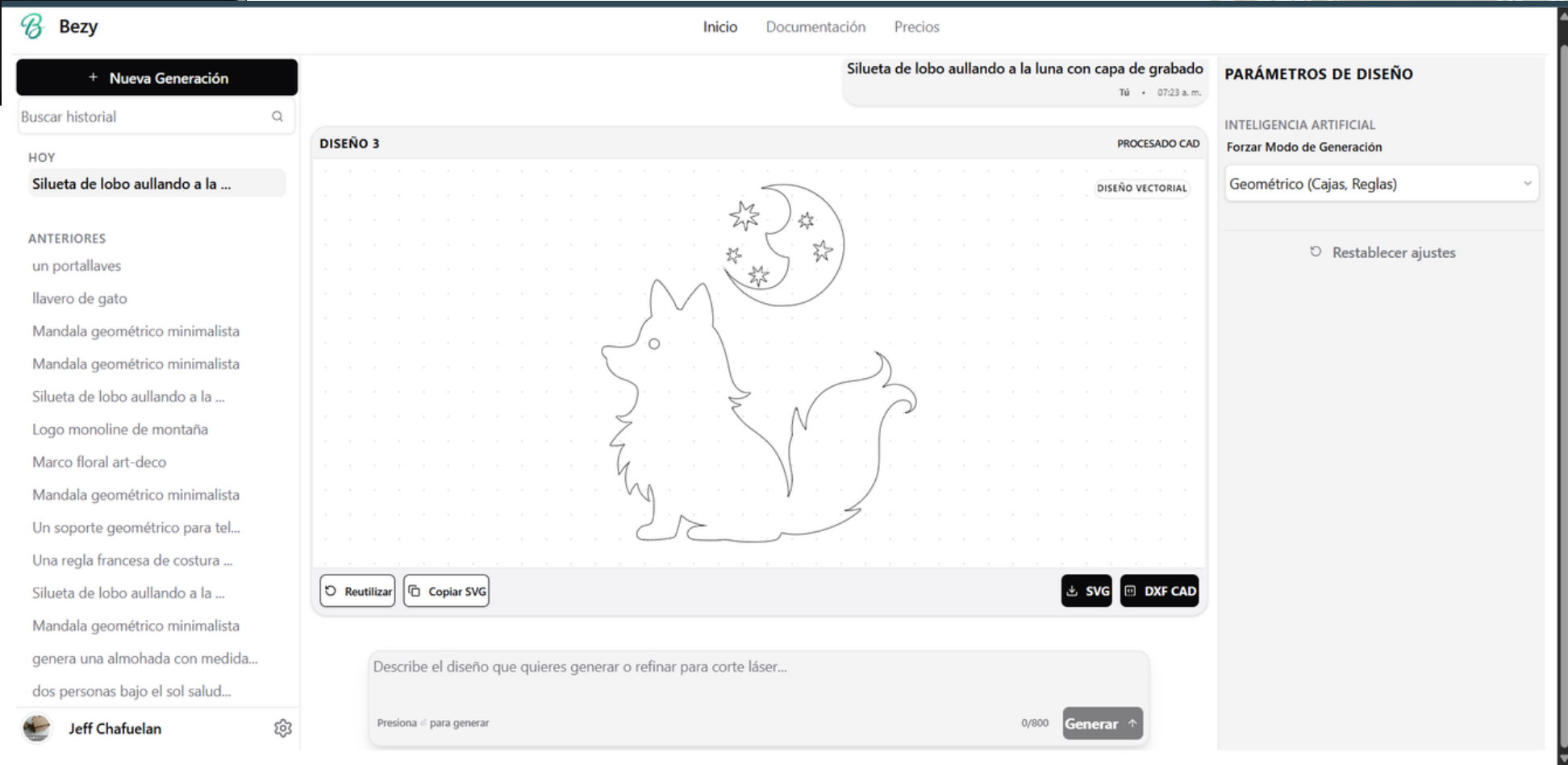
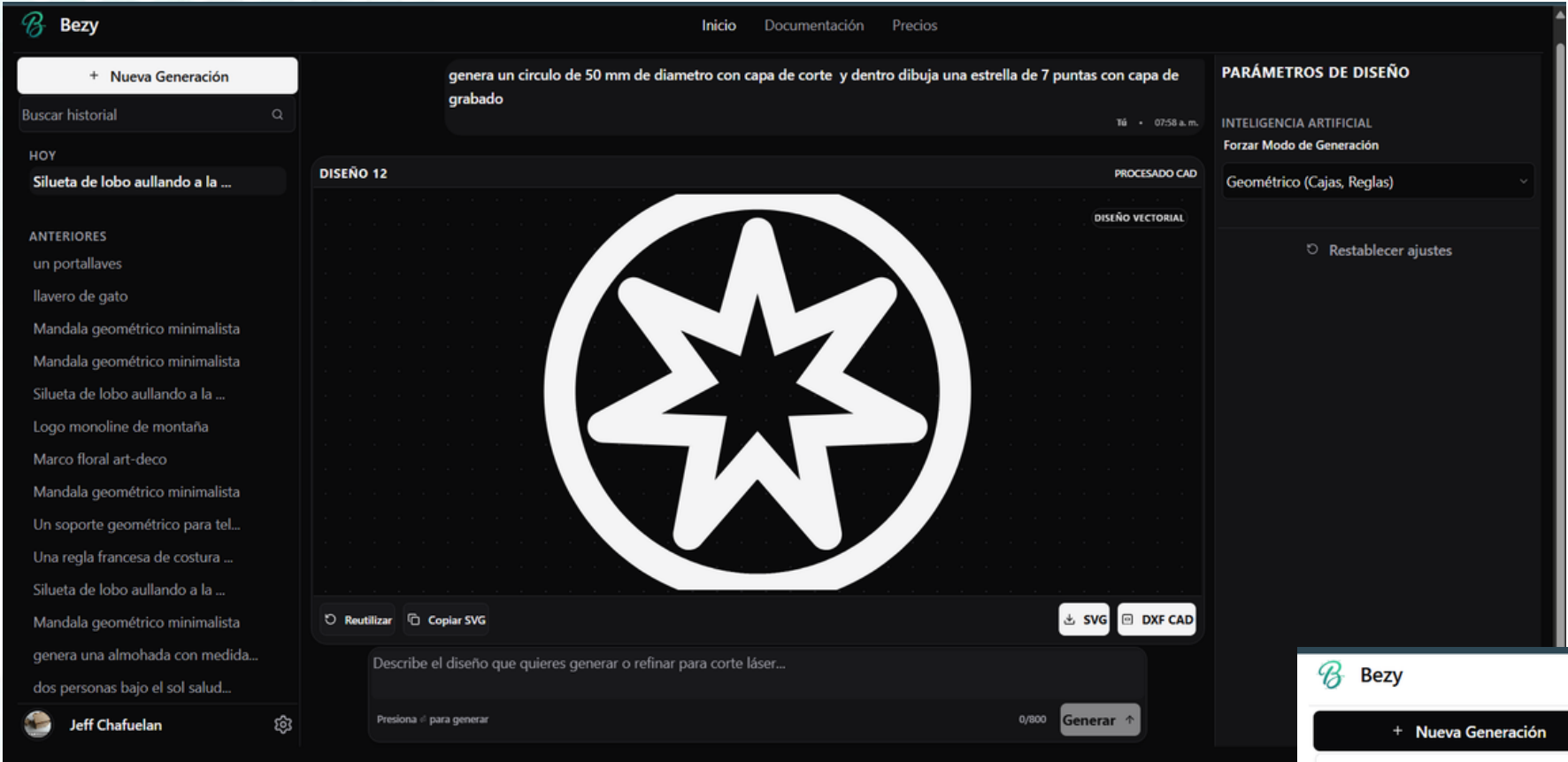


Nivel 2



Nivel 3

Vista Principal



Demostración



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA



Conclusiones



- Tras la revisión de la literatura científica y la consolidación de los requisitos, se implementó exitosamente la plataforma y los agentes capaces de transformar instrucciones de lenguaje natural en archivos vectoriales simples.
- El sistema Bezy demostró que es plenamente viable generar archivos orientados a corte láser, integrando interpretación, generación y validación.



Conclusiones

- Se logró desarrollar e integrar una arquitectura robusta estructurada en capas, uniendo la interfaz de usuario, la orquestación del backend, el almacenamiento, la observabilidad y los servicios de los microagentes.
- Bezy cumplió con su objetivo de generación automática de archivos SVG y DXF optimizados para ser usados para el proceso de fabricación digital mediante una máquina de corte láser.



RECOMENDACIONES

- Fortalecer las reglas de corte y Grabado, dando la opción al usuario de modificar dichas capas antes de descargar el archivo para corte laser.
- Buscar una solución para optimizar el tiempo del agente generador que le toma generar un archivo. Como se observó en el nivel 3, el tiempo promedio que le tomaba entregar un resultado era más alto comparado con los de niveles inferiores.



RECOMENDACIONES

- Realizar un analisis exhaustivo entre distintos modelos que arrojen mejores resultados en cuanto a la generacion de codigo SVG, asi como la interpretacion a peticiones ambiguas por parte del usuario y tomando en cuenta la relacion precio/calidad.



Trabajos Futuro

- Mejorar la interpretacion de nivel de calidad de los archivos generados, dando la capacidad de establecer distintos estilos como mas realista, animado, boceto, etc.
- Ampliar el formato con el que pueda trabajar Bezy, uno de ellos es el formato .rld el cual permiten determinar de manera automatizada la potencia y velocidad de la maquina de corte laser.
- Realizar un análisis de mercado para evaluar la demanda real de la plataforma en talleres locales y usuarios finales, con el objetivo de establecer la viabilidad de escalar Bezy y convertirlo en un producto comercial tipo SaaS.



¡Gracias por su atención!

*Sistema web para generar vectores simples para corte y grabado
mediante agentes de IA*

Preguntas y Respuestas

Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE · 2026