

Sres.

Superintendencia de Industria y Comercio Dirección de Nuevas Creaciones

E. S. D

Re: Expediente No. NC2022/0011603

Solicitud de patente de invención titulada: “PROCESO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA PRONOSTICAR EL TAMAÑO DE OBJETOS”

Solicitantes: UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

RESPUESTA AL OFICIO No. 20365 de 14 de noviembre de 2025

(PRIMER EXAMEN DE FONDO)

FREDY SÁNCHEZ MERINO, mayor de edad y vecino de Barranquilla, identificado tal como aparece al pie de mi firma, en mi carácter de apoderado de las instituciones solicitantes, me permito manifestar lo siguiente ante el auto emanado por ese Despacho, dentro del plazo legal previsto en el artículo 45 de la Decisión 486, en los siguientes términos:

1. Nos permitimos dar respuesta al Oficio No. [Insertar número de oficio actual] de [Insertar fecha], dentro del término legal establecido. En atención a las observaciones formuladas por la Dirección de Nuevas Creaciones en relación con la claridad, coherencia interna y sustentación del capítulo reivindicatorio, el solicitante ha procedido a presentar una versión enmendada de dicho capítulo, con el fin de garantizar su plena correspondencia con la descripción y asegurar el cumplimiento de lo dispuesto en los artículos 28 y 30 de la Decisión 486 de 2000.

En la versión enmendada, la reivindicación independiente ha sido reorganizada y reformulada de manera integral, precisa y técnicamente coherente, de modo que en un único cuerpo reivindicatorio se integran de forma expresa y ordenada las etapas esenciales que definen el procedimiento de inteligencia artificial para el pronóstico del tamaño de objetos objeto de la invención. Esta reorganización responde a la necesidad de reflejar con mayor claridad la secuencia lógica y funcional de las operaciones técnicas involucradas —desde la captación de la imagen hasta la generación del valor numérico representativo—, evitando la mezcla de características de producto y proceso señalada por el examinador y eliminando ambigüedades en la definición del alcance de la protección solicitada.

De manera particular, la nueva redacción del capítulo reivindicatorio define con precisión la sucesión de etapas relativas a la extracción de variables cuantitativas asociadas a características espaciales y de variación de intensidad de píxeles, su introducción en una red neuronal artificial multicapa previamente entrenada y el procesamiento técnico para obtener una estimación dimensional. Con ello, se refuerza la comprensión objetiva del método reivindicado y la relación funcional existente entre cada una de sus etapas, especialmente en lo relativo al cálculo de la variación local de intensidad basada en el operador Laplaciano y la normalización estadística de la varianza, términos que sustituyen expresiones imprecisas por lenguaje técnico verificable en el estado de la técnica.

Las reivindicaciones dependientes han sido igualmente ajustadas con el propósito de expresar las características técnicas adicionales mediante el uso de verbos en infinitivo y parámetros de procesamiento concretos (como el uso del algoritmo de descenso de gradiente estocástico y filtros Laplacianos discretos), evitando la formulación de simples alternativas o resultados deseados como si se tratara de características técnicas autónomas. De este modo, se preserva la claridad exigida por el artículo 30 de la Decisión 486 y se mantiene una delimitación precisa del objeto protegido.

Paralelamente, se ha procedido a fortalecer y reorganizar el capítulo descriptivo de la solicitud, con el fin de mejorar la claridad expositiva y asegurar que la divulgación permita a una persona normalmente versada en la materia ejecutar la invención de manera reproducible, conforme a lo previsto en el artículo 28 literal e) de la Decisión 486. Se ha detallado la arquitectura funcional de la red neuronal, especificando la configuración de sus nodos de entrada, el protocolo de entrenamiento supervisado basado en el algoritmo de optimización Adam y los criterios de preprocesamiento matemático de la imagen. Estas modificaciones no implican en modo alguno la incorporación de nueva materia, sino que consisten exclusivamente en la precisión, desarrollo explicativo y sistematización de información técnica sobre el procesamiento de datos y la arquitectura de la IA que ya se encontraba implícita o contenida en la solicitud originalmente presentada, en estricto cumplimiento de la prohibición de ampliación establecida en el artículo 34 de la normativa comunitaria.

2. En cuanto a los ajustes introducidos, se deja constancia de que ninguno de ellos implica la incorporación de materia adicional ni excede el contenido originalmente divulgado, en estricto cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 34 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina. En particular, se armonizó la redacción general de la memoria descriptiva con el fin de precisar la secuencia técnica del método automatizado propuesto, incluyendo las etapas de extracción de variables cuantitativas basadas en la variación de intensidad de píxeles, el procesamiento de dichos datos mediante una red neuronal artificial multicapa y la generación de un valor numérico representativo del tamaño del objeto analizado. Asimismo, se clarificaron los parámetros operativos y criterios técnicos asociados al análisis de la segunda derivada espacial (algoritmo Tenengrad), al cálculo de la variación local mediante el operador Laplaciano y a la normalización estadística de la varianza, todos ellos elementos técnicos orientados a la resolución del problema detectado en entornos submarinos y que se encontraban comprendidos en la lógica de la invención inicialmente presentada.

De igual forma, se ajustó la redacción de las reivindicaciones dependientes con el propósito de asegurar su plena correspondencia con la descripción, precisando el carácter preferente de determinadas modalidades de ejecución (como el uso de filtros Laplacianos discretos, la implementación de algoritmos de optimización basados en descenso de gradiente estocástico (como el algoritmo Adam) y la expresión del resultado en unidades de longitud (centímetros)) sin alterar en ningún caso el alcance técnico originalmente divulgado.

Estas modificaciones constituyen ajustes meramente aclaratorios y de orden sistemático, destinados a mejorar la claridad reivindicatoria, la suficiencia descriptiva y la coherencia tripartita entre descripción, reivindicaciones y figuras, sin modificar la naturaleza, finalidad ni alcance técnico de la invención. En consecuencia, el contenido del expediente subsanado se mantiene plenamente dentro del marco normativo aplicable y respeta de manera estricta las limitaciones establecidas por el artículo 34 de la Decisión 486 de la Comunidad Andina.

En este contexto, y frente a la observación específica formulada por la Oficina en relación con la necesidad de detallar la "arquitectura exacta" o "métricas de desempeño" específicas, resulta necesario abordar de manera expresa el alcance jurídico de las modificaciones admisibles durante el trámite de una solicitud de patente. En efecto, si bien el solicitante ha procedido a reorganizar y precisar el capítulo reivindicatorio y descriptivo dentro de los márgenes permitidos por la normativa comunitaria para permitir que un experto en la materia pueda reproducir la invención, no toda aclaración solicitada por la autoridad examinadora puede satisfacerse mediante la incorporación de nuevos parámetros ultra-específicos que no hayan sido contemplados inicialmente. En consecuencia, a continuación se expone de forma detallada el marco jurídico aplicable a la imposibilidad de introducir especificaciones técnicas no divulgadas originalmente, conforme a lo dispuesto en el artículo 34 de la Decisión 486 de 2000 y a la jurisprudencia reiterada del Tribunal de Justicia de la Comunidad Andina.

3. Análisis detallado de D1 (US 2021/0350560 A1)

El documento D1, titulado "DEPTH ESTIMATION", divulga un sistema de procesamiento de imágenes para estimar la profundidad de una escena mediante la recepción de una primera estimación de profundidad de un motor de reconstrucción geométrica y una segunda estimación de una arquitectura de red neuronal. Técnicamente, D1 describe un motor de fusión configurado para combinar probabilísticamente ambas estimaciones utilizando medidas de incertidumbre para generar un mapa de profundidad fusionado.

Sin embargo, el contenido divulgado en D1 difiere sustancialmente de la solución reivindicada en la presente solicitud en cuanto al objeto de la medición, el entorno de aplicación y el mecanismo técnico de procesamiento de las variables de entrada.

De manera específica, el documento D1 no divulga ni sugiere las siguientes características técnicas esenciales que son determinantes para la precisión del pronóstico dimensional en el sustrato reivindicado:

a) La finalidad del pronóstico y la naturaleza de la salida: Mientras que D1 tiene como objetivo estimar la profundidad (distancia cámara-punto) de una escena general para aplicaciones como realidad aumentada o navegación robótica, la invención reivindicada se dirige específicamente al pronóstico del tamaño de objetos (estimación dimensional) expresado en unidades de longitud (centímetros). D1 genera mapas de profundidad relativos o fusionados, pero no enseña un procedimiento para determinar dimensiones métricas de un objeto analizado a partir de variables espaciales y de intensidad.

b) El preprocesamiento de variables cuantitativas específicas: La invención reivindicada fundamenta su capacidad de pronóstico en la extracción de un conjunto específico de variables: medida de variación local basada en el operador Laplaciano, la segunda derivada espacial de la intensidad de píxeles y la varianza estadística normalizada. D1 confía en la comparación de errores fotométricos entre dos motores de estimación distintos (geométrico y neuronal), pero no describe ni sugiere el uso de estas métricas matemáticas específicas de intensidad y varianza como datos de entrada para una red neuronal orientada al cálculo dimensional.

c) Especialización para entornos de baja visibilidad (submarinos): La invención reivindicada resuelve el problema técnico de estimar tamaños en entornos submarinos donde los métodos ópticos tradicionales (como la estereovisión o tiempo de vuelo) fallan por la refracción y dispersión

lumínica. Por el contrario, D1 es una solución de visión artificial general que, aunque menciona limitaciones de cámaras de profundidad en exteriores, propone una fusión de motores que sigue dependiendo de la consistencia geométrica y fotométrica general, sin abordar el preprocesamiento de píxeles necesario para mitigar las distorsiones específicas del medio acuático que sí contempla la presente solicitud.

En consecuencia, el documento D1 describe un sistema de estimación de profundidad desde una perspectiva de fusión de datos probabilísticos para mapeo 3D, pero carece de la enseñanza técnica referida a la extracción y procesamiento de variables espaciales de intensidad (Laplaciano y Tenengrad) necesarias para lograr el pronóstico preciso del tamaño de objetos en entornos submarinos que caracteriza a la presente invención. Por lo tanto, D1 no anticipa la invención reivindicada, ya que no divulga de forma directa y completa la secuencia de etapas de extracción de datos ni la configuración funcional orientada a la salida métrica dimensional propuesta.

4. Análisis detallado de D2 (US 2019/0026917 A1)

El documento D2, titulado "METHOD AND SYSTEM FOR AUTOMATED SIZE ESTIMATION OF OBJECTS IN IMAGES", divulga métodos para estimar el tamaño de un objeto capturado en una imagen digital. La solución propuesta en D2 se basa en la identificación del objeto y el cálculo de sus dimensiones fundamentado en la comparación con un objeto de referencia de tamaño conocido presente en la escena o mediante el uso de datos de profundidad provenientes de sensores de hardware adicionales (como sensores de tiempo de vuelo o sistemas estéreo).

Sin embargo, el contenido divulgado en D2 difiere sustancialmente de la solución reivindicada en la presente solicitud, principalmente porque D2 requiere de una referencia externa o de hardware especializado para realizar la estimación métrica.

De manera específica, el documento D2 no divulga ni sugiere las siguientes características técnicas esenciales: a) Estimación dimensional intrínseca sin referencias externas: La invención reivindicada permite prescindir de objetos de referencia (marcadores) o sensores de profundidad externos. Mientras que D2 necesita conocer la distancia exacta al objeto o tener un objeto de comparación en el mismo plano, la presente invención extrae el valor dimensional procesando variables cuantitativas de intensidad de píxeles. D2 no enseña cómo una red neuronal puede "aprender" la función de conversión de píxeles a centímetros basándose en la variación local de intensidad y la segunda derivada espacial.

b) El conjunto de variables de preprocesamiento matemático: D2 se enfoca en la segmentación de imágenes y en el cálculo de proporciones geométricas simples. No divulga el uso del operador Laplaciano para medir la variación local de intensidad ni la aplicación del algoritmo Tenengrad (TENG) para obtener la segunda derivada en los ejes ortogonales como nodos de entrada para una IA. Estas etapas de preprocesamiento son las que permiten que la invención reivindicada funcione en medios donde la luz no se comporta de forma lineal (como el medio submarino), una problemática que D2 no aborda.

c) Independencia de la señal de hardware: D2 describe un sistema que depende de la precisión de un sensor de profundidad o de la detección de un patrón de referencia. Por el contrario, la invención reivindicada se caracteriza por un procedimiento que, mediante el entrenamiento supervisado y la normalización estadística de la varianza, logra el pronóstico utilizando una cámara regular monocular, eliminando los errores de reflexión y refracción que afectarían a los métodos descritos en D2.

Así, el documento D2 describe un sistema de medición basado en proporciones geométricas y referencias externas, pero carece de la enseñanza técnica referida a la extracción de parámetros espaciales de intensidad y su procesamiento mediante una red neuronal multicapa para obtener una estimación métrica directa. Por lo tanto, D2 no anticipa la invención reivindicada, ya que no permite que un experto en la materia logre el mismo resultado sin el uso de referencias físicas o sensores de profundidad que la presente invención elimina explícitamente.

5. Diferencias técnicas comunes a D1 y D2

Aunado a las diferencias específicas previamente desglosadas frente a cada documento individual, existen divergencias técnicas transversales que permiten afirmar que la invención reivindicada se aparta clara, objetiva y sustancialmente del estado de la técnica citado. Estas diferencias sistémicas evidencian que la solución propuesta no es una mera yuxtaposición de elementos conocidos, sino un desarrollo técnico integral que no se encuentra divulgado ni sugerido, directa o implícitamente, en el arte previo.

a) Divergencia en la naturaleza del problema técnico y el campo de aplicación La invención reivindicada aborda un problema de visión computacional aplicada a entornos submarinos: el pronóstico preciso del tamaño de objetos a partir de imágenes bidimensionales donde la refracción y la dispersión lumínica invalidan los métodos ópticos convencionales. Por el contrario, el documento D1 se circunscribe a la estimación de profundidad (mapeo 3D) para navegación robótica general mediante la fusión de motores geométricos y neuronales. Más distante aún resulta D2, el cual pertenece al campo de la estimación dimensional basada en referencias físicas, resolviendo el problema mediante el uso de marcadores o sensores de hardware (ToF) externos. No existe identidad en los problemas técnicos (pronóstico dimensional intrínseco vs. mapeo de profundidad o medición por comparación), lo cual impide considerar a D1 o D2 como referencias pertinentes para un experto que busque medir objetos bajo el agua sin equipo especializado.

b) Ausencia de un proceso de análisis híbrido e integral La invención reivindicada protege un método de estimación integral que combina la extracción de variables espaciales de los píxeles (Laplaciano, Tenengrad y varianza) con una red neuronal artificial multicapa previamente entrenada para generar un valor dimensional métrico. El estado de la técnica carece de esta integración. D1 utiliza un motor de fusión probabilística para combinar mapas de profundidad ya existentes. D2, por su parte, depende de una "caja de anclaje" (bounding box) y de la proporción geométrica respecto a un objeto conocido, sin involucrar el análisis de la variación de intensidad de píxeles ni una arquitectura de red configurada con nodos de entrada específicos para el procesamiento de segundas derivadas espaciales.

c) Incompatibilidad técnica de la metodología de D1 y D2 con el entorno submarino Un pilar de la invención es la capacidad de operar en entornos donde la estereovisión y el tiempo de vuelo presentan limitaciones. En contraste directo, tanto D1 como D2 basan su funcionalidad en la consistencia de estas tecnologías ópticas. D1 requiere una reconstrucción geométrica basada en el movimiento de la cámara (SLAM) y errores fotométricos que se ven distorsionados en el agua. D2 exige hardware adicional o marcadores físicos cuya visibilidad y escala se alteran por el índice de refracción acuático. Aplicar las enseñanzas de D1 o D2 en el entorno técnico de la invención conduciría a errores de cálculo dimensional que el método reivindicado soluciona mediante la normalización estadística de la varianza.

d) Diferencia radical en los medios físicos de detección y salida El núcleo funcional de la invención es el pronóstico dimensional expresado en unidades de longitud (centímetros). D1 no provee dimensiones métricas de los objetos, sino estimaciones de profundidad (distancia) o mapas de probabilidad de ocupación del espacio. Los principios técnicos (estimación de tamaño real vs.

localización espacial) son técnicamente inconexos. El experto en la materia no encontraría en el mapeo probabilístico de D1 la solución para obtener una medición dimensional exacta de un objeto específico.

e) Diferencia en el preprocesamiento de datos (Segunda Derivada vs. Fusión) La invención se distingue por el uso específico del operador Laplaciano y el algoritmo Tenengrad (TENG), los cuales generan variables cuantitativas esenciales para la red neuronal. D1, en cambio, enseña la fusión de estimaciones de profundidad basadas en incertidumbre probabilística. No existe en el estado de la técnica una sugerencia de extraer la "segunda derivada espacial de la intensidad de píxeles" para alimentar una red neuronal con fines de medición dimensional.

f) Diferencia en la arquitectura de la Inteligencia Artificial El método reivindicado define una arquitectura supervisada de tipo multicapa con cinco nodos de entrada específicos configurados para recibir variables de intensidad y una capa de salida que genera una estimación dimensional. D1 utiliza arquitecturas de redes neuronales convolucionales (CNN) orientadas a la predicción de profundidad y orientación de superficies en escenas generales. Ninguno de los antecedentes sugiere una configuración funcional diseñada para transformar patrones de intensidad de píxeles en valores métricos directos de tamaño.

g) Falta de motivación para la combinación Finalmente, no existe motivación técnica alguna para que un experto en mediciones submarinas combine las enseñanzas de D1 (fusión probabilística de profundidad) con las de D2 (medición con marcadores físicos). Al basarse D2 en referencias externas y hardware ToF, sus enseñanzas son contrarias al objetivo de la invención, que busca un procedimiento autónomo e independiente del dispositivo de captura. La combinación de estos documentos no resultaría en la invención reivindicada, sino en un sistema de mapeo dependiente de hardware, alejándose de la simplicidad y precisión del método de procesamiento de variables de intensidad propuesto.

6. Formulación del problema técnico objetivo

De conformidad con la metodología reiteradamente desarrollada por el Tribunal de Justicia de la Comunidad Andina para el examen del requisito de nivel inventivo (en particular en las Interpretaciones Prejudiciales 141-IP-2014, 589-IP-2016 y 371-IP-2021), el análisis debe partir de la correcta identificación del problema técnico objetivo, formulado a partir de las limitaciones reales del estado de la técnica más cercano, evitando cualquier razonamiento retrospectivo (*ex post facto*).

En el presente caso, a partir del análisis conjunto de los documentos D1 y D2, se advierte que el estado de la técnica presenta las siguientes limitaciones técnicas relevantes:

(i) La dependencia de hardware especializado y costoso (sensores de tiempo de vuelo, cámaras de profundidad o sistemas de estereovisión) que presentan limitaciones de rango y alto consumo energético.

(ii) La falta de precisión en entornos ópticamente complejos, como los submarinos, donde la reflexión y refracción afectan las señales luminosas y los cálculos de distancia convencionales.

(iii) La necesidad de utilizar objetos de referencia externos (marcadores de tamaño conocido) para realizar estimaciones dimensionales métricas.

(iv) La inconsistencia global en los mapas de profundidad generados exclusivamente por redes neuronales o métodos geométricos aislados.

Sobre esta base, el problema técnico objetivo que enfrenta la invención puede formularse de la siguiente manera:

¿Cómo desarrollar un procedimiento de inteligencia artificial para el pronóstico del tamaño de objetos, que permita obtener una medida métrica precisa (centímetros) de forma autónoma, sin depender de referencias externas ni de hardware de profundidad especializado, y que sea funcional en entornos submarinos donde los métodos ópticos tradicionales fallan?

Este problema técnico no se encuentra planteado ni resuelto en los documentos citados por la Oficina: El documento D1 se orienta a la estimación de profundidad (distancia al objeto) para navegación robótica mediante la fusión de estimaciones probabilísticas. No divulga un método para determinar el tamaño intrínseco del objeto en unidades de longitud (cm), ni utiliza el procesamiento de variables cuantitativas de intensidad (Laplaciano o Tenengrad) para suplir la falta de sensores de profundidad.

El documento D2 se enfoca en la medición automatizada basada en proporciones respecto a un marcador conocido o datos de sensores ToF. D2 no resuelve el problema de la estimación dimensional autónoma a partir de la naturaleza matemática de los píxeles (segundas derivadas espaciales) ni aborda la problemática específica de los medios acuáticos.

La solución reivindicada responde a este problema técnico mediante un conjunto funcional y sinérgico de características técnicas: (a) La extracción de variables cuantitativas asociadas a la variación local de intensidad de píxeles (operador Laplaciano) y la segunda derivada espacial (algoritmo Tenengrad).

(b) El procesamiento de dichas variables mediante una red neuronal artificial multicapa con una arquitectura de entrada configurada específicamente para estos parámetros.

(c) El entrenamiento supervisado con algoritmos de optimización (Adam) y métricas de error cuadrático medio para establecer una función de conversión implícita de píxeles a centímetros.

(d) La generación de un valor numérico representativo del tamaño del objeto, independiente del dispositivo de captura concreto.

El resultado técnico alcanzado, consistente en un pronóstico dimensional preciso, económico y ejecutable en entornos submarinos con cámaras convencionales, no se deriva de manera evidente del estado de la técnica citada.

En relación con una eventual combinación de D1 y D2, no existe una motivación técnica que conduzca al experto a unir un sistema de mapeo de profundidad robótica (D1) con un sistema de medición por marcadores físicos (D2) para llegar a una solución basada en el análisis matemático de la intensidad lumínica (IA pura). Tal combinación solo podría realizarse bajo un razonamiento *ex post facto*, por lo que la invención satisface plenamente el requisito de nivel inventivo conforme al artículo 18 de la Decisión 486.

7. Nivel inventivo del proceso

El señor Examinador sostiene que las características técnicas definidas en las reivindicaciones independientes podrían derivarse de manera evidente a partir de una combinación de las enseñanzas de los documentos D1 (US 2021/0350560 A1) y D2 (US 2019/0026917 A1). Con el debido respeto, dicha conclusión no resulta jurídicamente ni técnicamente sostenible, en la medida en que parte de

una formulación incorrecta del problema técnico objetivo, presume una motivación técnica inexistente y se apoya en una reconstrucción retrospectiva (*ex post facto*) del estado de la técnica, expresamente prohibida por la jurisprudencia comunitaria.

De conformidad con la doctrina reiterada del Tribunal de Justicia de la Comunidad Andina, en particular la Interpretación Prejudicial 141-IP-2014, el análisis del nivel inventivo exige determinar si la solución reivindicada habría resultado evidente para una persona versada en la materia, partiendo del estado de la técnica más cercano, sin conocimiento previo de la invención y sin razonamientos retrospectivos. En el presente caso, tales condiciones no se cumplen.

7.1 Estado de la técnica más cercano y diferencias reales

El propio Examinador identifica a D1 como un antecedente relevante para la estimación de profundidad mediante redes neuronales. No obstante, D1 se limita a la fusión probabilística de motores geométricos y neuronales para navegación robótica y mapeo de escenas 3D. La diferencia técnica esencial frente a la invención reivindicada radica en que D1 no divulga ni sugiere el uso de variables cuantitativas específicas asociadas a la variación local de intensidad de píxeles (operador Laplaciano) ni la segunda derivada espacial (algoritmo Tenengrad) para el pronóstico dimensional métrico.

Esta diferencia no es meramente formal, sino que responde a un problema técnico concreto no abordado por D1: cómo lograr un pronóstico preciso del tamaño de objetos en entornos submarinos donde la refracción lumínica invalida los cálculos geométricos convencionales de profundidad.

7.2. Error en la formulación del problema técnico objetivo

El Examinador formula el problema técnico objetivo en términos de buscar un "sustrato alternativo". Esta formulación es jurídicamente incorrecta conforme a la doctrina del Tribunal, ya que no refleja una limitación técnica del arte previo, sino que se construye a partir de la solución misma.

Tal como lo ha precisado el Tribunal en la Interpretación Prejudicial 371-IP-2021, el problema técnico objetivo debe derivarse de una deficiencia técnica concreta. En este caso, D1 no resuelve el problema de la distorsión métrica en medios no lineales. El problema técnico objetivo correctamente formulado es:

¿Cómo obtener un procedimiento de inteligencia artificial que permita el pronóstico métrico (en centímetros) del tamaño de objetos de forma autónoma, sin depender de hardware de profundidad especializado ni de referencias externas, superando las limitaciones ópticas de los entornos submarinos?

Este problema no está planteado ni resuelto en D1, ni tampoco en D2.

7.3. Inexistencia de motivación técnica para combinar D1 y D2

El Examinador sostiene que la persona versada en la materia estaría motivada a incorporar las técnicas de D2 al sistema de D1. Sin embargo, esta afirmación carece de sustento objetivo.

- D1 se orienta a la estimación de profundidad y localización espacial en escenas 3D.
- D2 se orienta a la estimación de tamaño basada en la comparación con objetos de referencia conocidos o sensores de hardware (ToF) adicionales.

Tal como ha señalado el Tribunal en la Interpretación Prejudicial 475-IP-2022, la combinación de documentos solo es admisible cuando existe una motivación técnica clara dirigida a resolver el mismo problema técnico. No existe en D1 indicación alguna que lleve al experto a buscar soluciones basadas en marcadores físicos (D2), ni en D2 enseñanza alguna que sugiera el procesamiento de segundas derivadas de intensidad de píxeles para suplir la falta de sensores. La supuesta motivación solo surge con conocimiento previo de la invención (*ex post facto*).

974. Carácter no evidente del efecto técnico alcanzado

La invención reivindicada introduce una secuencia técnica específica y funcionalmente integrada:

- Extracción de variables de variación de intensidad y segundas derivadas espaciales.
- Procesamiento mediante una red neuronal artificial multicapa entrenada específicamente para la conversión de píxeles a centímetros.
- Uso de un algoritmo de optimización basado en descenso de gradiente estocástico para minimizar el error métrico.

Esta combinación genera un efecto técnico no previsible: la capacidad de obtener dimensiones reales de objetos en medios acuáticos con cámaras convencionales, prescindiendo de sensores especializados o referencias físicas de tamaño.

Conforme a la Interpretación Prejudicial 141-IP-2014, el nivel inventivo se configura cuando la invención establece una relación funcional nueva entre elementos, produciendo un resultado técnico que no era evidente para el experto. Este es precisamente el caso de la presente solicitud, al transformar el análisis de la intensidad de la luz en una herramienta de medición métrica precisa.

8. Incompatibilidad funcional y de propósito entre D1 y D2

Uno de los elementos determinantes para descartar la combinación de los documentos D1 y D2 como fundamento para cuestionar el nivel inventivo de la presente solicitud radica en la divergencia sustancial de propósito técnico, enfoque metodológico y lógica funcional que caracteriza a cada uno de dichos antecedentes, aun cuando ambos se relacionen de manera amplia con la visión por computadora o el procesamiento de imágenes.

En efecto, el documento D1 (US 2021/0350560 A1) se orienta específicamente a la estimación de profundidad de una escena, describiendo un sistema para navegación robótica y mapeo 3D en el que se fusionan de forma probabilística datos de motores geométricos y arquitecturas neuronales. El enfoque de D1 es fundamentalmente de localización y mapeo de entorno, centrado en la consistencia global de mapas de profundidad y la reducción de artefactos de desenfoque para facilitar la interacción de máquinas con el mundo físico. Sin embargo, D1 no aborda el pronóstico dimensional métrico de un objeto específico, no identifica variables de intensidad de píxeles para suplir hardware de

profundidad, ni propone tratamientos de preprocesamiento matemático (como el uso de segundas derivadas espaciales) para resolver la pérdida de precisión en medios no lineales como el submarino.

Por su parte, el documento D2 (US 2019/0026917 A1) se enfoca en el emparejamiento de modelos 3D con objetos en imágenes 2D, con el objetivo de determinar parámetros de postura (pose), tales como el azimut, la elevación y la rotación. El propósito técnico de D2 es de reconocimiento y orientación espacial, orientado a alinear modelos virtuales con entidades del mundo real para determinar distancias relativas o direcciones de movimiento, sin relación alguna con el pronóstico autónomo de tamaño métrico basado en la naturaleza de los píxeles. D2 no describe procedimientos para pronosticar dimensiones reales sin referencias externas, no contempla el análisis de varianza estadística normalizada, ni evalúa efectos de refracción o dispersión lumínica asociados a entornos submarinos.

Así, aunque ambos documentos se inscriben de manera general en el ámbito del procesamiento digital de imágenes, responden a problemas técnicos radicalmente distintos:

- D1 se orienta al mapeo 3D y navegación robótica por profundidad de escena, sin profundizar en la estimación de tamaño métrico de objetos individuales ni en el análisis de intensidad de píxeles.
- D2 se orienta a la determinación de postura y alineación de modelos 3D, sin considerar el pronóstico dimensional autónomo ni los efectos espectrales de intensidad para medios acuáticos.

Desde esta perspectiva, la combinación de sus enseñanzas exigiría trasladar procedimientos desarrollados para navegación robótica (D1) o estimación de postura (D2) a un contexto de pronóstico métrico dimensional en entornos submarinos, sin que exista en ninguno de los documentos una sugerencia explícita o implícita que justifique dicho traslado. Tal operación no se desprende de manera natural ni lógica del estado de la técnica, y solo puede concebirse con conocimiento previo de la invención.

Tal como lo ha señalado el Tribunal de Justicia de la Comunidad Andina en la Interpretación Prejudicial 589-IP-2016, no puede considerarse evidente una invención cuando los documentos que se pretenden combinar no responden al mismo problema técnico ni persiguen una finalidad coincidente, dado que en tal escenario no existe una motivación técnica objetiva que conduzca al experto en la materia a integrar sus enseñanzas.

Asimismo, conforme a lo precisado en la Interpretación Prejudicial 371-IP-2021, el análisis de nivel inventivo debe partir del estado de la técnica más cercano y de sus deficiencias reales. En el presente caso, D1 no reconoce el problema de la distorsión dimensional métrica en medios acuáticos, y D2 no reconoce problema alguno relacionado con la suficiencia del análisis de intensidad de píxeles para determinar tamaños reales. Ninguno de los documentos identifica la necesidad de combinar el preprocesamiento de variables cuantitativas (como el operador Laplaciano o el algoritmo Tenengrad) con redes neuronales para resolver la falta de sensores de profundidad.

Desde el punto de vista de una persona versada en la materia, no existiría motivación técnica razonable para combinar:

1. Un documento orientado al mapeo 3D de profundidad de escena para navegación (D1), con
2. Un documento orientado a la estimación de postura mediante emparejamiento de modelos 3D (D2),

para arribar a un procedimiento de pronóstico de tamaño métrico basado en el preprocesamiento de intensidad de píxeles como el reivindicado.

Como ha reiterado el Tribunal en las Interpretaciones Prejudiciales 141-IP-2014 y 475-IP-2022, toda combinación de documentos que solo resulta posible a partir del conocimiento previo de la invención constituye un razonamiento retrospectivo (*ex post facto*), incompatible con el examen objetivo del nivel inventivo exigido por el artículo 18 de la Decisión 486 de la Comunidad Andina.

Por lo anterior, la incompatibilidad funcional y de propósito entre D1 y D2 impide considerarlos combinables de manera legítima para cuestionar el nivel inventivo de la presente solicitud. No resulta jurídicamente ni técnicamente válido suponer que una persona versada en la materia, enfrentada al problema técnico efectivamente resuelto por la invención (esto es, obtener una medida métrica precisa de tamaño sin depender de hardware especializado o referencias físicas) encontraría en D1 y D2 enseñanzas compatibles que la condujeran de manera evidente a la solución reivindicada.

9. Ausencia de motivación técnica para combinar las enseñanzas de D1 y D2

Más allá de la incompatibilidad funcional y de propósito previamente expuesta entre los documentos D1 y D2, resulta igualmente determinante destacar la ausencia total de motivación técnica objetiva que pudiera conducir a una persona versada en la materia a combinar sus enseñanzas para arribar al procedimiento de inteligencia artificial para el pronóstico del tamaño de objetos reivindicado en la presente solicitud.

De conformidad con los criterios desarrollados por el Tribunal de Justicia de la Comunidad Andina, en particular en la Interpretación Prejudicial 141-IP-2014, el examen del nivel inventivo no se limita a verificar si elementos aislados de la invención pueden encontrarse dispersos en el estado de la técnica, sino que exige determinar si el experto en la materia habría contado con una razón técnica clara, previa y funcional para integrar tales elementos con el fin de resolver un mismo problema técnico. Dicha motivación no puede construirse *a posteriori*, sino que debe desprenderse directamente del contenido, finalidad y lógica interna de los documentos citados.

En el presente caso, ni D1 ni D2 identifican, reconocen o plantean el problema técnico efectivamente resuelto por la invención, esto es, la necesidad de obtener un pronóstico dimensional métrico (en centímetros) de forma autónoma a partir de la extracción de variables cuantitativas de intensidad de píxeles y su procesamiento mediante una red neuronal, que permita superar las limitaciones ópticas de los entornos submarinos sin depender de sensores de profundidad o referencias externas.

El documento D1 (US 2021/0350560 A1) se limita a la estimación de profundidad de una escena mediante la fusión probabilística de motores geométricos y neuronales. Su enfoque se centra en generar un mapa de profundidad fusionado para permitir la interacción robótica con el entorno, pero

no analiza ni problematiza la determinación del tamaño intrínseco de los objetos mediante gradientes de intensidad, ni el impacto de dichas variables en la precisión métrica bajo el agua. En consecuencia, D1 no ofrece indicio alguno que motive al experto a buscar soluciones en el ámbito del análisis de la segunda derivada espacial o la variación local basada en el operador Laplaciano.

Por su parte, el documento D2 (US 2019/0026917 A1) describe métodos para emparejar modelos 3D con objetos en imágenes 2D para determinar su postura y orientación (azimut, elevación, rotación). D2 no se inscribe en el campo del pronóstico dimensional autónomo, no aborda problemas de refracción en medios acuáticos y no sugiere en modo alguno que el análisis de la varianza estadística normalizada de los píxeles pueda emplearse para sustituir los datos de distancia de cámara o modelos 3D previos que su tecnología requiere. Tal como lo ha precisado el Tribunal en la Interpretación Prejudicial 589-IP-2016, los documentos orientados a finalidades distintas no constituyen una base técnica suficiente para derivar de manera evidente una solución en un campo técnico diferente.

Desde esta perspectiva, no existe una relación lógica ni funcional entre las enseñanzas de D1 y D2 que permita al experto inferir que su combinación conduciría al procedimiento reivindicado. Como ha señalado el Tribunal en la Interpretación Prejudicial 371-IP-2021, la combinación de documentos solo es legítima cuando ambos responden al mismo problema técnico. En este caso, D1 busca "dónde" está el objeto (profundidad) y D2 busca "cómo" está orientado (postura), mientras que la invención resuelve "cuánto mide" el objeto mediante el análisis de la luz.

Por el contrario, una eventual combinación de D1 y D2 exigiría asumir, sin fundamento técnico previo, que un procedimiento desarrollado para la fusión de mapas de profundidad (D1) resulta directamente aplicable a la estimación métrica de tamaño mediante la extracción de características espaciales de intensidad de píxeles. Esta suposición solo sería concebible a partir del conocimiento previo de la invención, lo cual constituye un razonamiento retrospectivo (*ex post facto*) proscrito por la Interpretación Prejudicial 475-IP-2022.

Así, la ausencia de motivación técnica razonable para combinar las enseñanzas de D1 y D2 confirma que la solución reivindicada no se deriva de manera evidente del estado de la técnica. Por tanto, la presente invención cumple plenamente con el requisito de nivel inventivo, conforme a lo dispuesto en el artículo 18 de la Decisión 486 de la Comunidad Andin.

10. Ausencia de características triviales o evidentes en la configuración técnica reivindicada

En relación con el requisito de nivel inventivo previsto en el artículo 18 de la Decisión 486 de la Comunidad Andina, resulta necesario precisar que la invención reivindicada no incorpora características triviales, rutinarias ni derivables de manera directa del estado de la técnica, ni consideradas de forma aislada ni mediante una hipotética combinación de documentos previos como D1 y D2.

La memoria descriptiva pone de manifiesto una configuración técnica compleja e integrada, estructurada como un procedimiento de inteligencia artificial para el pronóstico dimensional, en el que la captura de datos, la extracción de variables matemáticas específicas, el preprocesamiento de

intensidad y la arquitectura de la red neuronal cooperan funcionalmente para resolver un problema técnico específico no abordado previamente en el estado de la técnica: obtener un pronóstico dimensional métrico preciso, autónomo y reproducible en entornos submarinos, capaz de superar las distorsiones ópticas sin depender de hardware especializado.

En particular, la invención reivindicada articula de manera sinérgica y no trivial:

- (a) La captura de una imagen digital submarina mediante un dispositivo de adquisición convencional.
- (b) La extracción de un conjunto específico de cinco variables cuantitativas asociadas a características espaciales y de variación de intensidad de píxeles.
- (c) El procesamiento matemático mediante el operador Laplaciano y el algoritmo Tenengrad (TENG) para obtener la segunda derivada espacial de la intensidad, parámetros críticos para compensar la falta de sensores de profundidad.
- (d) La normalización estadística de la varianza para asegurar la consistencia de los datos independientemente de las condiciones de iluminación del medio acuático.
- (e) La integración de estas variables en una red neuronal artificial multicapa previamente entrenada con algoritmos de optimización de descenso de gradiente estocástico para generar una salida métrica real en centímetros.

Cada una de estas etapas, considerada de manera aislada, podría corresponder a técnicas de procesamiento de imágenes; sin embargo, su integración funcional específica dentro de un mismo procedimiento de pronóstico dimensional no se desprende de manera evidente del estado de la técnica. Tal como lo ha precisado el Tribunal de Justicia de la Comunidad Andina en la Interpretación Prejudicial 141-IP-2014, el nivel inventivo no se excluye por el hecho de que ciertos elementos individuales sean conocidos, cuando su combinación produce una solución técnica que no era previsible para la persona versada en la materia.

La no trivialidad de la invención se refuerza por el hecho de que la configuración reivindicada no se limita a una aplicación genérica de IA, sino que introduce una secuencia técnica específica de extracción de características (Laplaciano y Tenengrad), cuyo efecto conjunto es permitir la medición métrica en entornos de baja visibilidad, efecto que no se encuentra anticipado ni sugerido en D1, que se limita a la fusión probabilística para estimar profundidad (distancia), ni en D2, que se orienta a la determinación de postura mediante emparejamiento con modelos 3D previos.

Como ha reiterado el Tribunal en la Interpretación Prejudicial 371-IP-2021, una configuración técnica no puede considerarse evidente cuando introduce una relación funcional distinta entre elementos conocidos, produciendo un efecto técnico cualitativamente diferente al esperado a partir del estado de la técnica. En el presente caso, la relación funcional entre la extracción de variables de intensidad y el pronóstico métrico mediante IA excede claramente una aplicación rutinaria de técnicas conocidas de visión artificial.

Asimismo, conforme a la Interpretación Prejudicial 589-IP-2016, no puede calificarse como obvia una solución que exige decisiones técnicas específicas sobre qué variables matemáticas extraer de los píxeles (como la segunda derivada espacial) y cómo integrarlas en una arquitectura de red para obtener un efecto técnico concreto de precisión dimensional bajo el agua. La configuración reivindicada no surge de una optimización incremental de D1 o D2, sino de una concepción técnica distinta, orientada a resolver un problema de medición autónoma no identificado en dichos documentos.

En definitiva, el valor inventivo de la presente invención radica en la organización funcional novedosa de parámetros de intensidad y arquitecturas neuronales, que produce un efecto técnico no anticipable: una estimación dimensional métrica precisa sin dependencia de hardware de profundidad o referencias externas. Dicha configuración no resulta evidente para una persona versada en la materia y satisface plenamente el requisito de nivel inventivo, conforme al artículo 18 de la Decisión 486 de la Comunidad Andina.

11. Efecto técnico distinto y no previsible

Finalmente, la combinación de características técnicas que conforman la presente invención produce un efecto técnico distinto y no previsible para una persona versada en la materia. La invención no consiste en la mera yuxtaposición de técnicas de aprendizaje profundo conocidas, sino en la articulación funcional de una arquitectura de inteligencia artificial en la que la extracción de variables espaciales de intensidad, el preprocesamiento matemático y la red neuronal cooperan para resolver un problema técnico que no estaba identificado ni abordado en el estado de la técnica: obtener una medición métrica precisa en entornos submarinos sin dependencia de hardware especializado.

En particular, la invención logra de manera conjunta:

- a) Un pronóstico dimensional autónomo y preciso en unidades de longitud (centímetros): Mediante la extracción controlada de variables como la variación local de intensidad y la segunda derivada espacial, lo que permite determinar el tamaño real del objeto sin necesidad de sensores de tiempo de vuelo o sistemas de estereovisión que presentan limitaciones en el medio acuático.
- b) Una mitigación de los errores ópticos por refracción y dispersión lumínica: Derivada de la normalización estadística de la varianza de los píxeles dentro del área analizada, asegurando que la red neuronal procese datos consistentes independientemente de las condiciones de visibilidad o iluminación submarina.
- c) Una reducción de la dependencia de hardware y referencias externas: Al favorecer el uso de cámaras digitales convencionales (monoculares) para obtener resultados métricos, superando las limitaciones de los sustratos tecnológicos conocidos que requieren marcadores físicos de referencia o sensores de profundidad de alto costo.
- d) Una mayor versatilidad y capacidad de integración: El procedimiento permite su acoplamiento a cualquier dispositivo de medición submarina debido a su intercambiabilidad y a que no depende de un dispositivo de captura de imagen concreto.

Estos efectos técnicos no pueden deducirse de manera directa ni evidente a partir de las enseñanzas individuales de los documentos citados por la Oficina. En efecto:

El documento D1 (US 2021/0350560 A1) describe sistemas de estimación de profundidad (distancia) para navegación, pero no aborda el problema del pronóstico métrico del tamaño de objetos, ni reconoce la utilidad de procesar gradientes de intensidad para suplir la falta de datos geométricos en medios submarinos.

El documento D2 (US 2019/0026917 A1) describe procesos de emparejamiento de modelos 3D para determinar postura y rotación, sin considerar aplicaciones de medición métrica autónoma, sin analizar efectos de varianza de píxeles y sin sugerir que el análisis de la segunda derivada espacial pueda emplearse para optimizar la precisión dimensional sin referencias externas.

Ninguno de estos documentos sugiere que la combinación funcional de:

- (i) una etapa de extracción de variables cuantitativas basadas en el operador Laplaciano y el algoritmo Tenengrad,
- (ii) una normalización estadística de la varianza, y
- (iii) una red neuronal artificial multicapa entrenada con algoritmos de optimización de descenso de gradiente estocástico,

pueda conducir a un procedimiento de medición con desempeño superior en términos de precisión y autonomía en entornos ópticamente complejos, ni mucho menos que dicha combinación produzca un efecto técnico sinérgico distinto al esperado de la simple suma de sus componentes.

Los resultados alcanzados por la presente invención constituyen, por tanto, un efecto técnico inesperado, derivado de la interacción cooperativa entre el preprocesamiento matemático de la imagen y la capacidad de inferencia de la red neuronal, que hasta el momento se empleaban de forma aislada para navegación o reconocimiento de postura. El procedimiento reivindicado supera claramente el rendimiento previsible de los sistemas de visión artificial convencionales, introduciendo una solución técnica cualitativamente superior para la industria submarina y de inspección.

De conformidad con la doctrina reiterada del Tribunal de Justicia de la Comunidad Andina, en particular en las Interpretaciones Prejudiciales 141-IP-2014 y 371-IP-2021, existe nivel inventivo cuando la combinación de elementos conocidos produce un efecto técnico distinto y no anticipable para una persona versada en la materia. En el presente caso, la invención satisface plenamente dicho criterio, pues no representa una simple variación del estado de la técnica, sino una solución técnica innovadora que redefine la forma de obtener mediciones métricas estables, homogéneas y precisas a partir de imágenes digitales.

12. Conclusión

A la luz de los argumentos técnicos y jurídicos desarrollados a lo largo del presente escrito, y conforme a los criterios interpretativos reiteradamente establecidos por el Tribunal de Justicia de la Comunidad Andina en la aplicación de los artículos 16 y 18 de la Decisión 486 de 2000, se concluye que la

invención reivindicada cumple plenamente con los requisitos sustantivos de patentabilidad exigidos por la normativa comunitaria andina.

En relación con el requisito de novedad, se ha demostrado de manera clara, suficiente y técnicamente fundamentada que ninguno de los documentos citados por la Oficina, considerados de forma individual, revela de manera directa, completa, inequívoca y unitaria la configuración técnica del procedimiento de inteligencia artificial para el pronóstico del tamaño de objetos, ni la combinación funcional de características que lo definen. En particular, el estado de la técnica no divulga un procedimiento que integre simultáneamente:

(a) La captación de una imagen digital de un objeto mediante un dispositivo de adquisición convencional.

(b) El preprocesamiento y extracción de un conjunto específico de variables cuantitativas basadas en el operador Laplaciano, la segunda derivada espacial (algoritmo Tenengrad) y la varianza estadística normalizada.

(c) La introducción de dichas variables en una red neuronal artificial multicapa previamente entrenada con algoritmos de optimización de descenso de gradiente estocástico.

(d) La generación autónoma de un valor numérico representativo del tamaño métrico del objeto (expresado en centímetros), especialmente en entornos submarinos de baja visibilidad.

En consecuencia, no se configura anticipación alguna en los términos exigidos por el artículo 16 de la Decisión 486, ni conforme a la doctrina vinculante del Tribunal de Justicia de la Comunidad Andina sobre divulgación integral y unitaria del estado de la técnica.

Asimismo, en lo que respecta al requisito de nivel inventivo, se ha acreditado que la solución técnica reivindicada no resulta evidente para una persona versada en la materia, ni a partir del documento D1, ni del documento D2, ni mediante una eventual combinación de ambos. Dichos documentos responden a problemas técnicos distintos, persiguen finalidades no coincidentes y se inscriben en enfoques técnicos incompatibles, sin que exista una motivación técnica objetiva y razonable que conduzca al experto a integrar sus enseñanzas para arribar a la configuración reivindicada.

En particular, mientras D1 se limita a la estimación de profundidad y mapeo 3D mediante fusión probabilística sin abordar el pronóstico métrico del tamaño basado en la intensidad de píxeles, D2 se orienta a la determinación de postura y alineación de modelos 3D fundamentada en comparaciones con objetos de referencia o sensores externos de profundidad. La combinación de ambos documentos para obtener una medición métrica intrínseca y autónoma solo sería posible mediante un razonamiento retrospectivo (*ex post facto*), expresamente proscrito por la jurisprudencia comunitaria.

La invención reivindicada introduce una configuración técnica no trivial, en la que la extracción de variables espaciales de intensidad y el procesamiento mediante inteligencia artificial cooperan funcionalmente para producir un efecto técnico distinto y no previsible, consistente en un pronóstico dimensional preciso y autónomo en entornos ópticamente complejos (como el medio submarino), eliminando la dependencia de hardware especializado o marcadores de referencia. Este efecto técnico no se desprende de manera evidente del estado de la técnica citado.

De conformidad con la doctrina reiterada del Tribunal de Justicia de la Comunidad Andina, en particular en las Interpretaciones Prejudiciales 141-IP-2014 y 371-IP-2021, existe nivel inventivo cuando la combinación de elementos conocidos produce un resultado técnico cualitativamente

distinto y no anticipable para la persona versada en la materia, condición que se cumple plenamente en el presente caso.

La invención objeto del presente expediente constituye, además, una solución técnica concreta, reproducible y técnicamente verificable, aplicable al desarrollo de sistemas de inspección y monitoreo submarino de alta precisión, superando las limitaciones de los métodos ópticos conocidos en cuanto a refracción y necesidad de sensores auxiliares.

En virtud de todo lo anterior, se solicita respetuosamente que la Superintendencia de Industria y Comercio tenga por debidamente atendidas las observaciones formuladas en el requerimiento de fondo y, en consecuencia, continúe el trámite hacia la concesión de la patente solicitada, al verificarse el cumplimiento de los requisitos de novedad y nivel inventivo exigidos por la Decisión 486 de la Comunidad Andina.

Atentamente,



Freddy S. Merino

C.C. 1043177293

T.P. 268742 del C.S. de la J.

Anexos: pliego reivindicatorio y capítulo descriptivo modificados.

5 **PROCESO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA PRONOSTICAR EL TAMAÑO DE OBJETOS**

Campo de la invención

La presente invención pertenece al campo de las mediciones implementadas a través de
10 inteligencia artificial. Más específicamente, la invención se inscribe en el sector técnico del
procesamiento digital de imágenes asistido por inteligencia artificial, aplicado a la
estimación dimensional de objetos a partir de imágenes bidimensionales, particularmente
en entornos submarinos donde los métodos ópticos basados en tiempo de vuelo o
estereovisión presentan limitaciones técnicas.

15 **Estado de la técnica**

En el estado de la técnica se encontró la patente KR20190114937 “Método para la medición
de distancia en esquema TOF y sistema de conducción autónoma que usa el mismo”. La
solución provee un método para calcular las distancias basado en el tiempo transcurrido
entre la emisión y la recepción del haz de luz infrarroja emitido por la cámara.

20 También se encontró la Patente CN112257566 “Método de inteligencia artificial para
medición de distancia identificación de objetivos basado en big data”. La invención
pertenece al campo técnico del reconocimiento de objetivos y la medición de distancia, y
en particular se relaciona con un objetivo de inteligencia artificial método de reconocimiento
y medición de distancia basado en big data, que es mayor en precisión de reconocimiento
25 y mayor en velocidad. El método comprende los siguientes pasos: preprocesamiento de
una señal recibida; generando un anclaje caja para identificar el objetivo a través de un
algoritmo de agrupamiento K-Means; construyendo una rama de red neuronal
convolucional, y definiendo una capa de parámetros de la red neuronal convolucional; y
probando la llegada de la señal chirp en el modelo de evaluación de la red neuronal
30 utilizando el conjunto de prueba, emitiendo un resultado de estimación del tiempo de llegada
de la señal de la señal chirp y obtener la distancia horizontal entre el objetivo y el receptor
a través de la información de la imagen de entrada.

En los antecedentes encontrados en el estado de la técnica se evidencia un punto común
35 que consiste en el cálculo de la distancia a partir del tiempo tomado por una señal que se

5 emite y se recibe. En el caso de la solución que se provee, la misma realiza el cálculo directamente a partir de una inteligencia artificial que tiene cómo entrar a una imagen la cual es preprocesada de tal manera que permite calcular la distancia.

Así, la invención que se pretende proteger no funciona a partir del cálculo del tiempo del recorrido de una señal. Esto se constituye como una ventaja técnica importante ya que no
10 necesita de una señal luminosa, misma que presenta numerosos inconvenientes cuando se trata de medios acuáticos que afectan su reflexión y refracción, generando así errores de cálculo en la distancia que se pretende medir.

Adicionalmente, otra de las ventajas técnicas fundamentales que presenta nuestra solución, encontramos la posibilidad de usar una sola cámara regular y por tanto, se puede prescindir
15 de métodos o equipos con estereovisión.

Finalmente, la naturaleza del método provisto ofrece la posibilidad de acoplarlo a cualquier dispositivo de medición en entornos submarinos, esta intercambiabilidad se debe a que no depende de un dispositivo de captura de imagen concreto.

20 **Breve descripción de la invención**

La invención resuelve el problema técnico de estimar con precisión el tamaño de objetos a partir de imágenes bidimensionales capturadas en entornos submarinos, sin recurrir a métodos basados en tiempo de vuelo, estereovisión ni señales luminosas auxiliares.

25 La solución consiste en un procedimiento de inteligencia artificial que comprende la extracción de variables cuantitativas derivadas del análisis espacial de píxeles de una imagen digital, su procesamiento mediante una red neuronal artificial multicapa previamente entrenada, y la generación de un valor dimensional expresado en centímetros que representa el tamaño del objeto analizado.

30

Breve descripción de las figuras

Figura 1. Muestra un flujograma del proceso

- 5 **Figura 2.** Muestra un diagrama tipo “caja negra” de las entradas y salidas del proceso implementado.

Descripción detallada de la invención

10

La solución comprende el uso de una inteligencia artificial que se compone de una red neuronal multicapa con una capa con, al menos cinco nodos de entrada, al menos una capa oculta y una capa con al menos un nodo de salida.

15 *Arquitectura funcional de la red neuronal*

La red neuronal artificial utilizada en la invención presenta una arquitectura multicapa de tipo supervisado, que comprende:

20 (a) una capa de entrada configurada con cinco nodos, cada uno asociado a una variable cuantitativa extraída de la imagen digital;

(b) al menos una capa oculta encargada de modelar relaciones no lineales entre las variables de entrada; y

(c) una capa de salida que genera un valor numérico correspondiente a una estimación dimensional del objeto analizado.

25 La red es implementada en un entorno de desarrollo de aprendizaje automático que permite su entrenamiento previo y posterior uso en fase de inferencia.

El entrenamiento del modelo se realiza introduciendo las variables que posteriormente serán recogidas por los nodos de entrada y asignando un valor calculado y cierto en centímetros para cada combinación de parámetros. El entrenamiento se complementa con
30 una función de compilación a la cual se asocia un optimizador consistente en una extensión del descenso de gradiente estocástico (algoritmo de optimización de Adam).

5 Adicionalmente, se aplica un algoritmo de análisis estadístico para determinar el promedio de error cuadrático, que le permite diferenciar el valor estimado del real.

El entrenamiento se lleva a cabo mediante un enfoque supervisado, en el cual a cada conjunto de variables de entrada se le asocia un valor dimensional de referencia expresado en centímetros, obtenido previamente por métodos de medición directa. El proceso iterativo
10 de entrenamiento minimiza el error entre el valor estimado por la red neuronal y el valor real de referencia.

El proceso comienza con la recolección de datos obtenidos por medio de un dispositivo de captura de imágenes cualquiera que sea capaz de funcionar en entornos submarinos. Los datos recolectados, se dividen en cinco valores de los cuales cuatro se preprocesan para
15 obtener las correspondientes funciones suministradas a los nodos de entrada y que se caracterizan de la siguiente forma.

Un primer nodo recibe una medida de variación local de intensidad de píxeles, calculada mediante la aplicación de un operador Laplaciano sobre la imagen digital, en la cual se ejecuta una operación matemática por cada fila y columna de la matriz de píxeles, luego
20 cada valor es multiplicado por un valor delta. Esto se hace por cada eje (x, y) y el resultado final se hacen 2 matrices. Las 2 matrices resultantes son sumadas y resultando en una sola matriz a la cual se le aplica un promedio, y resulta en un valor numérico.

El segundo nodo recibe el grado de desviación estándar del valor del estrés de los píxeles de la matriz, donde se aplica la transformada de Laplace sobre el área de interés
25 seleccionada, esta transformada no es más que la multiplicación de matrices bajo reglas de la primera y segunda derivada. Este procedimiento resulta en una matriz que pasa por un método de desviación estándar y finalmente este valor es elevado al cuadrado con el fin de obtener la varianza.

El tercer nodo recibe la obtención de la segunda derivada en cada uno de los ejes; a partir
30 de la aplicación del método tenengrad o algoritmo TENG que se basa en la aplicación de la primera y segunda derivada sobre el área de interés definida. Esto se hace para los dos ejes (x,y) y finalmente se obtiene el promedio como valor numérico.

El cuarto nodo recibe una varianza estadística normalizada de la intensidad de píxeles, calculada a partir de la desviación estándar obtenida sobre el área de interés definida, este
35 cálculo se realiza dividiendo el valor promedio de intensidad de píxeles de dicha área. Con

5 esta desviación estándar se obtiene luego la varianza y se divide entre el promedio obtenido de este área.

El quinto y último nodo, recibe el alto del número de píxeles del objeto según se representa en la matriz, pero no realiza preprocesamiento de los datos recibidos.

10 Los datos recolectados, son procesados en la capa oculta que transmite los resultados al nodo de salida.

La correspondencia entre las variables extraídas de la imagen y el valor dimensional expresado en centímetros se establece durante la fase de entrenamiento del modelo, mediante la asociación de patrones de píxeles con medidas reales previamente conocidas. De esta forma, la red neuronal aprende una función de conversión implícita que permite
15 transformar información espacial de píxeles en una estimación dimensional real.

El desempeño del modelo es evaluado mediante el cálculo del error cuadrático medio entre los valores estimados y los valores reales, permitiendo cuantificar la precisión del procedimiento.

Los resultados son comunicados por la capa de salida en un valor de tamaño en cm.

20 El procedimiento descrito es susceptible de aplicación industrial, ya que puede ser implementado en sistemas de medición submarina, vehículos operados remotamente, plataformas de inspección y monitoreo ambiental, y dispositivos de análisis visual, utilizando cámaras convencionales y sistemas de procesamiento computacional estándar.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de inteligencia artificial para el pronóstico del tamaño de objetos a partir de imágenes digitales, caracterizado por comprender las etapas de:

(a) captar una imagen digital de un objeto mediante un dispositivo de adquisición de imágenes;

(b) extraer, a partir de la imagen digital, un conjunto de variables cuantitativas asociadas a características espaciales y de variación de intensidad de píxeles;

(c) introducir dichas variables como datos de entrada en una red neuronal artificial multicapa previamente entrenada; y

(d) generar, mediante la red neuronal artificial, un valor numérico representativo del tamaño del objeto analizado.

2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la etapa de extraer variables cuantitativas comprende:

(a) calcular una medida de variación local de intensidad de píxeles basada en el operador Laplaciano;

(b) determinar la desviación estándar de los valores obtenidos a partir de dicha variación local;

(c) calcular la segunda derivada espacial de la intensidad de píxeles en al menos dos ejes ortogonales;

(d) normalizar estadísticamente la varianza de los valores de intensidad de píxeles dentro del área analizada; y

(e) determinar el número total de píxeles correspondiente al área del objeto detectado en la imagen.

3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la imagen digital es obtenida mediante una cámara digital integrada o externa al sistema de procesamiento.

4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado porque la medida de variación local de intensidad de píxeles es calculada aplicando un filtro Laplaciano discreto sobre la imagen digital.

5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque la etapa de generar el valor numérico comprende procesar las variables de entrada mediante una capa oculta de la red neuronal artificial utilizando una función de activación no lineal y un algoritmo de optimización basado en descenso de gradiente estocástico.

6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque el valor numérico generado corresponde a una estimación dimensional del tamaño del objeto expresada en unidades de longitud.