

Sistema de Evaluación de Calidad en Pescado Mediante Análisis de Imágenes

J. C. Barrera Guevara¹, D. A. Machado Tovar², D. F. Baquero Cerquera³, J. Gregorio Delgado⁴, J. S. Forero Agudelo⁵, C. A. Pérez Ochoa⁶, M. F. Santofimio Romero⁷

*Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad de los Llanos
Villavicencio, Colombia*

jc.bguevara@unillanos.edu.co¹
damachado@unillanos.edu.co²
dfbaquero@unillanos.edu.co³
jg.delgado@unillanos.edu.co⁴
jsforero.agudelo@unillanos.edu.co⁵
caperez.ochoa@unillanos.edu.co⁶
mfsantofimio@unillanos.edu.co⁷

Resumen— La industria pesquera en Colombia es un sector económico vital; sin embargo, los productos disponibles en los mercados locales carecen frecuentemente de controles de calidad rigurosos y estandarizados. Actualmente, la selección se realiza de forma subjetiva por parte de los comerciantes, lo que genera inconsistencias en la seguridad alimentaria y la confianza del consumidor. Este estudio propone un sistema basado en visión computacional para evaluar objetivamente la calidad de la carne de pescado mediante el análisis de imágenes, alineado con la norma técnica colombiana NTC1443. La solución utiliza algoritmos *ORB* para la extracción de características, junto con técnicas de detección, segmentación, *background subtraction* y *border detection*, permitiendo automatizar parámetros críticos de la NTC1443 como el color y brillo de la piel o los ojos. El algoritmo se usó en *Piaractus Orinoquensis* especie endémica de la región de la Orinoquia, sin embargo el diseño modular permite futura adaptación a otras especies comercializadas en Colombia. En esta fase inicial, se implementó un módulo de registro de lotes con características técnicas, junto con simuladores de eficiencia para comparar algoritmos de procesamiento, identificando aquellos con mayor precisión y velocidad. Además, se desarrolló una interfaz de carga de imágenes en formatos comunes (JPEG, PNG) para su posterior análisis.

Palabras clave: Visión computacional, ORB, background subtraction, border detection, NTC1443,

1. Introducción

Este documento de Especificación de Requisitos Software (ERS) define los requerimientos para el desarrollo del Sistema de Análisis de Calidad de Pescado, una aplicación de escritorio que utiliza visión computacional para evaluar automáticamente la calidad de la carne de pescado según los parámetros establecidos en la norma técnica colombiana NTC 1443.

1.1. Propósito

Este sistema busca reemplazar los métodos subjetivos de inspección visual utilizados actualmente en la industria pesquera, ofreciendo una solución estandarizada, precisa y escalable. Está dirigido a inspectores de calidad, autoridades sanitarias y actores de la cadena de suministro que requieran garantizar el cumplimiento normativo y la seguridad alimentaria.

1.2. Ámbito del Sistema

El Sistema de Análisis de Calidad del Pescado (SACP), procesará imágenes capturadas por dispositivos estándar (formatos JPEG, PNG) para analizar atributos como color, textura e integridad del producto, generando reportes PDF con resultados cuantificables. No incluye funcionalidades web/móviles, hardware especializado ni análisis

químicos. Entre sus beneficios destacan la estandarización de controles de calidad (la mayor parte subjetivos), la reducción de tiempos de inspección y el cumplimiento auditable de normativas sanitarias.

1.3. Definiciones, Acrónimos y Abreviaturas

- **SACP:** Sistema de Análisis de Calidad del Pescado
- **NTC 1443:** Norma Técnica Colombiana para evaluación de pescado fresco.
- **ORB:** Oriented FAST and Rotated BRIEF, algoritmo para detectar y describir características visuales, optimizado para velocidad.
- **FAST:** Features from Accelerated Segment Test, Detecta puntos clave (keypoints) en imágenes con alta eficiencia computacional.
- **BRIEF:** Binary Robust Independent Elementary Features, crea descriptores binarios para esos puntos clave.
- **Visión Computacional:** Técnicas de procesamiento de imágenes que permiten extraer información automáticamente para análisis de calidad.
- **Machine Learning:** Algoritmos que permiten al sistema aprender patrones de calidad a partir de datos históricos.
- **Background Subtraction:** Técnica para aislar el pescado del fondo en imágenes.
- **Border Detection:** Método para identificar bordes de estructuras anatómicas.
- **NTC 1443:** Norma técnica colombiana para evaluación de pescado fresco.

1.4. Referencias

- [1] Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2020). NTC 1443: Pescado fresco. Especificaciones.
- [2] Institute of Electrical and Electronics Engineers. (1998). IEEE Std 830-1998: Recommended Practice for Software Requirements Specifications.
- [3] OpenCV Team. (2023). OpenCV documentation: Image Processing and Feature Detection. <https://docs.opencv.org/>

1.5. Visión General del Documento

Este documento de ERS describe el SACP. El documento se organiza en tres secciones principales: la Introducción (que define objetivos, alcance y términos técnicos), la Descripción General (con contexto, usuarios y restricciones), y los Requisitos Específicos (donde se detallan funcionalidades, interfaces y estándares de rendimiento). Los apéndices complementan esta información con formatos de salida y ejemplos.

2. Descripción General

El SACP surge como respuesta a la falta de métodos estandarizados para evaluar la calidad del pescado en la industria local, donde actualmente predominan procesos manuales y subjetivos. El sistema prioriza la accesibilidad con una interfaz intuitiva para inspectores con formación técnica básica, la escalabilidad de este sistema con capacidad de poder adaptarse a diversos volúmenes de imágenes y la eficiencia, con un procesamiento automatizado mediante carga de imágenes y análisis basado en visión computacional, minimizando interrupciones en el flujo de trabajo.

Su diseño se enfoca en simplificar la inspección sin comprometer el rigor técnico, garantizando el cumplimiento con la norma NTC 1443.

2.1. Perspectiva del Producto

El SACP es una aplicación de escritorio especializada que se integra en los procesos de control de calidad de la industria pesquera colombiana. Opera como una solución independiente que complementa los flujos de trabajo existentes, proporcionando un sistema automatizado para la evaluación objetiva de la calidad del pescado según los estándares establecidos en la norma NTC 1443.

El sistema está diseñado para funcionar en entornos Windows y genera reportes en formato PDF compatibles con otros sistemas de gestión utilizados en la industria. Su enfoque principal es ofrecer una herramienta precisa y confiable que mejore los procesos actuales de evaluación de calidad sin requerir modificaciones significativas en la infraestructura o métodos de trabajo existentes.

2.2. Funciones del Producto

El sistema permite cargar imágenes del pescado para su análisis mediante visión computacional, generando reportes estandarizados en formato PDF que cumplen con los requisitos de la norma NTC 1443. Estas funciones principales (carga de imágenes, análisis automatizado y generación de reportes), operan de manera integrada para proporcionar una evaluación completa de la calidad del producto.

2.3. Características de los Usuarios

El sistema está diseñado para usuarios con distintos niveles de conocimiento técnico, desde inspectores de calidad en plantas procesadoras hasta investigadores especializados. La interfaz prioriza la simplicidad y claridad, lo cual reduce la curva de aprendizaje, permitiendo que incluso personal con formación básica pueda realizar evaluaciones completas mediante guías visuales y procesos paso a paso. Los piscicultores e inspectores podrán cargar imágenes y generar reportes sin necesidad de comprender los complejos algoritmos detrás del análisis.

Para los investigadores, el sistema ofrece capacidades avanzadas como la comparación de resultados entre diferentes lotes y el acceso a bases de datos históricas, herramientas esenciales para sus estudios sobre calidad y tendencias. Los administradores, por su parte, contarán con funciones de gestión de usuarios y configuración del sistema, manteniendo el control sobre los permisos y la integridad de los datos. Esta diferenciación de roles garantiza que cada usuario interactúe con el sistema según sus necesidades específicas, sin verse abrumado por funciones irrelevantes para su trabajo diario.

2.4. Restricciones

El sistema está desarrollado como aplicación de escritorio en Java, lo que establece limitaciones técnicas específicas. Su funcionamiento está restringido a sistemas operativos Windows, requiriendo una arquitectura de 64 bits para garantizar compatibilidad. El procesamiento de imágenes se optimiza para hardware básico, considerando que algunos usuarios pueden contar con equipos de capacidad limitada.

En cuanto a seguridad, se implementan medidas básicas de protección de datos para resguardar la información generada. La comunicación con otros sistemas se realiza exclusivamente mediante archivos en formatos estándar (PDF, CSV), sin integraciones complejas. Estas restricciones buscan mantener un equilibrio entre funcionalidad, rendimiento y accesibilidad para los usuarios finales.

2.5. Suposiciones y Dependencias

El correcto funcionamiento del sistema depende de varios factores clave que, de modificarse, podrían requerir ajustes en sus requisitos. Se asume que los usuarios operarán en entornos Windows con arquitectura de 64 bits, y que las imágenes proporcionadas para análisis cumplirán con estándares mínimos de calidad en cuanto a resolución e iluminación.

El sistema presupone que la norma NTC 1443, que define los parámetros de calidad del pescado, mantendrá sus criterios actuales durante el ciclo de vida de la aplicación. Además, se asume que los equipos donde se implemente contarán al menos con las capacidades técnicas aceptables.

Una dependencia crítica es el uso de Java como lenguaje base, lo que implica que futuras actualizaciones o cambios en este ecosistema podrían afectar el mantenimiento del sistema. Del mismo modo, cualquier

modificación sustancial en los procesos de evaluación de calidad de la industria pesquera podría necesitar adaptaciones en el software.

2.6. Requisitos Futuros

Para próximas iteraciones del sistema, se contemplan dos líneas principales de desarrollo. La primera prioridad es implementar los requerimientos pendientes que completarán la funcionalidad básica durante el segundo sprint de desarrollo.

Posteriormente, el sistema está diseñado para escalar hacia el análisis de otras especies de peces comercialmente relevantes en Colombia, como mojarra (*Oreochromis* spp.), bagre (*Pseudoplatystoma* spp.) y trucha (*Oncorhynchus mykiss*). Esta expansión requerirá la implementación de nuevas fotografías sobre cada especie en particular.

El sistema mantendrá su arquitectura modular para facilitar estas futuras incorporaciones, permitiendo que los nuevos desarrollos se integren sin afectar la funcionalidad existente para el análisis de cachama (*Piaractus orinoquensis*). Esta escalabilidad posicionará al sistema como una herramienta integral para el control de calidad en la diversificada industria pesquera colombiana.

3. Requisitos Específicos

A continuación se evidenciará todos los requerimientos funcionales y no funcionales con sus respectivas historias de usuario solicitadas para el primer sprint.

• Requerimientos Funcionales:

Identificación del requerimiento	RF01
Nombre del requerimiento	Carga de imágenes
Descripción del requerimiento	El sistema debe permitir cargar imágenes del producto desde el almacenamiento local para su respectivo análisis.
Requerimiento No Funcional	<ul style="list-style-type: none">RNF01RNF02
Prioridad del Requerimiento:Alta	

Identificación del requerimiento	RF02
Nombre del requerimiento	Implementar algoritmos para el procesamiento de imágenes
Descripción del requerimiento	El sistema manejará los algoritmos que procesen y analicen tanto los ojos, la piel y su tonalidad con base a la NTC 1443.
Requerimiento No	<ul style="list-style-type: none">RNF06

Funcional	<ul style="list-style-type: none"> RNF07
Prioridad del Requerimiento: Alta	

Identificación del requerimiento	RF03
Nombre del requerimiento	Segmentar e identificar de regiones de interés
Descripción del requerimiento	El sistema implementará técnicas de segmentación de imágenes como <i>background subtraction</i> y <i>border detection</i> para que no se produzcan ambigüedades a la hora de distinguir entre el objeto de interés (pescado) y objetos del fondo. Además este debe identificar zonas de interés como los ojos y la piel.
Requerimiento No Funcional	<ul style="list-style-type: none"> RNF06
Prioridad del Requerimiento: Alta	

Identificación del requerimiento	RF08
Nombre del requerimiento	Comparar algoritmos de procesamiento
Descripción del requerimiento	El sistema permitirá a los usuarios comparar cuantitativamente en base a los resultados los dos distintos algoritmos implementados en el mismo, con fines investigativos
Requerimiento No Funcional	<ul style="list-style-type: none"> RNF13
Prioridad del Requerimiento: Alta	

- Requerimientos No Funcionales:**

Identificación del requerimiento	RNF01
Nombre del requerimiento	Validar formatos de imágenes
Descripción del requerimiento	El sistema debe ser capaz de analizar imágenes en formatos comunes como jpg, png, entre otros.
Prioridad del Requerimiento: Alta	

Identificación del requerimiento	RNF02
Nombre del requerimiento	Validar los volúmenes de imágenes
Descripción del requerimiento	El sistema debe permitir analizar grandes lotes de imágenes en los formatos admitidos
Prioridad del Requerimiento: Alta	

Identificación del requerimiento	RNF04
Nombre del requerimiento	Restringir de acceso a datos para usuarios no autorizados
Descripción del requerimiento	El sistema garantizará que únicamente los usuarios debidamente autenticados y autorizados puedan acceder a datos sensibles, implementando rigurosos controles de acceso basados en perfiles.
Prioridad del Requerimiento: Alta	

Identificación del requerimiento	RNF13
Nombre del requerimiento	Comparativa gráfica de algoritmos
Descripción del requerimiento	El sistema deberá mostrar los resultados comparativos de manera gráfica (por ejemplo, tablas o gráficas de barras) para facilitar el análisis por parte del usuario investigador.
Prioridad del Requerimiento: Media	

● Historias de Usuario:

Código: HU-01	Usuario: Piscicultor
Título: Carga de imágenes	
Prioridad: Alta	Tipo: Funcional
Descripción: Como usuario, quiero que el sistema me deje cargar imágenes del producto en formatos comunes como JPG, PNG, entre otros. Para permitir el correcto análisis del producto.	
Criterios de aceptación: <ul style="list-style-type: none"> ● Carga exitosa de imágenes. <ul style="list-style-type: none"> ○ Como usuario, debo poder cargar imágenes en formatos comunes como JPG y PNG. 	

- Se debe validar que el archivo cargado sea una imagen en uno de los formatos admitidos.
- Debe haber una confirmación visual o mensaje de éxito al cargar la imagen correctamente.
- **Validación de formatos.**
 - Como usuario, debo poder visualizar un mensaje de error si el formato de la imagen que estoy intentando cargar no es admitido, si el archivo es corrupto o si el tamaño de la imagen sobrepasa los 8 MB.

Código: HU-03	Usuario: Piscicultor
Título: Segmentar e identificar de regiones de interés	
Prioridad: Alta	Tipo: Funcional
Descripción: Como usuario del sistema, quiero que el sistema pueda detectar el color y segmentar la zona de la piel y los ojos en las imágenes del pescado, para obtener un análisis claro de las características principales de interés.	
Criterios de aceptación: El sistema debe clasificar las características visuales para garantizar la inocuidad del producto. <ul style="list-style-type: none"> ● El sistema debe ser capaz de detectar colores predominantes en la imagen para facilitar la segmentación de las zonas de interés. ● El sistema debe separar el fondo de la imagen aplicando técnicas de Background Subtraction. ● El sistema debe detectar los bordes de las regiones de interés (piel y ojos) utilizando técnicas de Border Detection. ● El sistema debe delimitar visualmente las zonas segmentadas sobre la imagen (usando resaltado de contornos, colores o máscaras). ● El sistema debe identificar correctamente y distinguir: <ul style="list-style-type: none"> ○ La piel del pescado. ○ Los ojos del pescado. ● La segmentación debe tener un nivel de precisión suficiente para diferenciar entre el pescado, sus características internas y el fondo. 	

Código: HU-08	Usuario: Investigador
Título: Comparación de algoritmos de procesamiento	
Prioridad: Alta	Tipo: Funcional
Descripción: Como investigador, quiero comparar cuantitativamente los resultados de los dos algoritmos implementados en el sistema para evaluar su eficacia, precisión y rendimiento, con el fin de determinar cuál se ajusta mejor a los objetivos de investigación o mejora continua del análisis de calidad del pescado	
Criterios de aceptación: <ul style="list-style-type: none"> ● Selección de algoritmos: <ul style="list-style-type: none"> ○ El sistema debe permitir al usuario elegir dos algoritmos de procesamiento de imágenes disponibles para 	

su comparación.

- Debe haber una lista clara de algoritmos implementados con una breve descripción técnica de cada uno.
- Visualización de diferencias:
 - El sistema debe permitir superponer o alternar visualmente los resultados de ambos algoritmos sobre la misma imagen (ej: resaltar zonas donde un algoritmo detectó defectos y el otro no).
 - Debe incluir una leyenda explicativa para interpretar las diferencias.

Código: HU-09	Usuario: Administrador
Título: Asignar y gestionar los roles	
Prioridad: Alta	Tipo: Funcional
Descripción: Como administrador del sistema, quiero asignar roles específicos a cada tipo de usuario, para que puedan acceder únicamente a las funciones y características correspondientes a su rol.	
Criterios de aceptación: <ul style="list-style-type: none">● El sistema debe permitir crear, editar y eliminar roles de usuario.● Cada usuario debe tener un rol asignado que determine sus permisos y accesos.● El rol predeterminado a un usuario nuevo en el sistema será “Piscicultor”.● Los usuarios solo podrán visualizar y utilizar las funcionalidades correspondientes a su rol asignado.● La gestión de roles debe ser segura y permitir su actualización sin afectar la integridad del sistema.	

Código: HU-10	Usuario: Usuario general
Título: Autenticación de Usuario	
Prioridad: Alta	Tipo: Funcional
Descripción: Como usuario del sistema quiero poder iniciar sesión de forma segura y rápida por medio de mis credenciales previamente registradas (usuario y contraseña).	
Criterios de aceptación <ul style="list-style-type: none">● La interfaz debe mostrar campos obligatorios donde diligenciar las credenciales con sus respectivas etiquetas.● Las credenciales tienen que pasar por un proceso de verificación, si estas no se encuentran registradas en la base de datos debe notificar con un mensaje de “Hay un error en las credenciales o el usuario no se encuentra registrado”.● Las credenciales se deben validar en la base de datos tan pronto el usuario inicie sesión, para de esta forma redirigirlo al menú principal.	

Código: HU-08	Usuario: Investigador
----------------------	------------------------------

Título: Comparación de algoritmos de procesamiento	
Prioridad: Alta	Tipo: Funcional
Descripción: Como investigador, quiero comparar cuantitativamente los resultados de los dos algoritmos implementados en el sistema para evaluar su eficacia, precisión y rendimiento, con el fin de determinar cuál se ajusta mejor a los objetivos de investigación o mejora continua del análisis de calidad del pescado	
Criterios de aceptación: <ul style="list-style-type: none"> ● Selección de algoritmos: <ul style="list-style-type: none"> ○ El sistema debe permitir al usuario elegir dos algoritmos de procesamiento de imágenes disponibles para su comparación. ○ Debe haber una lista clara de algoritmos implementados con una breve descripción técnica de cada uno. ● Visualización de diferencias: <ul style="list-style-type: none"> ○ El sistema debe permitir superponer o alternar visualmente los resultados de ambos algoritmos sobre la misma imagen (ej: resaltar zonas donde un algoritmo detectó defectos y el otro no). ○ Debe incluir una leyenda explicativa para interpretar las diferencias. 	