# UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

**FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INGENIERÍA CIVIL**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

## APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE VISION ARTIFICIAL Y LOS RESULTADOS PARA DETERMINAR LOS ESTANDARES DEL PORCELANATO SEGÚN LA NORMA ISO 10545, EN PUCALLPA - CALLERIA - CORONEL PORTILLO - UCAYALI - 2023

**Tesis para optar el título profesional de**

**INGENIERO CIVIL**

**MIGUEL ANGEL BOBADILLA MONROY**

**PUCALLPA - PERÚ**

**2025**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**
**FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INGENIERÍA CIVIL**
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**
**COMISIÓN DE GRADOS Y TÍTULOS**

## ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 31-2025

**GRADUANDO :** BOBADILLA MONROY, Miguel Ángel

**TEMA** : ***"APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL Y LOS RESULTADOS PARA DETERMINAR LA SUPERFICIE DE PORCELANATO SEGÚN LA NORMA ISO 10545 EN PUCALLPA – CALLERIA – CORONEL PORTILLO – UCAYALI - 2023"***

**ASESOR** : **Mg. Joel Víctor QUISPE AUCCASI**

| CRITERIOS | PUNTAJE | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 3 | 2 | 1 | 0 |
| **I- PRESENTACION** | | | | |
| * MOTIVACION | X | | | |
| * TONO DE VOZ | X | | | |
| * CALIDAD DE MATERIAL AUDIOVISUAL | | X | | |
| **II- DESARROLLO DE CONTENIDO** | | | | |
| * SECUENCIA | | X | | |
| * DOMINIO DE VOZ | X | | | |
| * USO ADECUADO DEL MATERIAL | | X | | |
| * VALIDEZ DE LOS HALLAZGOS | | | X | |
| **III- ABSOLUCION DE PREGUNTAS** | | | | |
| * RESPONDE A LAS PREGUNTAS FORMULADAS POR EL JURADO | | X | | |
| **IV- APORTE CIENTIFICO Y TECNOLOGICO** | | | | |
| * AL DESARROLLO DE LA COMUNIDAD | | | X | |
| * A LA PROFESION | | X | | |

**EVALUACION**

- EXCELENCIA — 26 A 30 PUNTOS
- UNANIMIDAD — 21 A 25 PUNTOS
- MAYORIA — 16 A 20 PUNTOS
- DESAPROBADO — 15 A MENOS

**CALIFICACION FINAL:**
PUNTAJE : **21** / 30

**CONCLUSIONES:**
APROBADO POR : **UNANIMIDAD**
DESAPROBADO POR :

**JURADO EVALUADOR**

Dr. Horacio SORIANO ALAVA
PRESIDENTE

Mg. Eleuterio PEREZ SAGASTEGUI
MIEMBRO

Dr. Walter Gilberto ROMAN CLAROS
MIEMBRO

M.SC. CLOTILDE RÍOS HIDALGO DE CERNA
SECRETARIA ACADÉMICA

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI**
**FACULTAD DE INGENIERIA DE SISTEMAS E INGENIERIA CIVIL**
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL**

**COMISION DE GRADOS Y TITULOS**

**TESIS TITULADA:**

"APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL Y LOS RESULTADOS PARA DETERMINAR LA SUPERFICIE DE PORCELANATO SEGÚN LA NORMA ISO 10545 EN PUCALLPA – CALLERIA – CORONEL PORTILLO – UCAYALI - 2023"

**ELABORADO POR:**

Bach. BOBADILLA MONROY, MIGUEL ÁNGEL

**APROBADO POR:**

Dr. HORACIO SORIANO ALAVA
Presidente

MG. ELEUTERIO PEREZ SAGASTEGUI
Miembro

Dr. WALTER GILBERTO ROMAN CLAROS
Miembro

Mg. Joel Victor QUISPE AUCCASI
Asesor

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

# CONSTANCIA

## ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Nº V/0602-2024.

La Dirección de Producción Intelectual de la Universidad Nacional de Ucayali, hace constar por la presente, que el trabajo académico de investigación, titulado:

**"APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE VISIÓN ARTIFICIAL Y LOS RESULTADOS PARA DETERMINAR LOS ESTÁNDARES DEL PORCELANATO SEGÚN LA NORMA ISO 10545, EN PUCALLPA - CALLERIA - CORONEL PORTILLO - UCAYALI - 2023"**

| | | |
|---|---|---|
| Autor(es) | : | BOBADILLA MONROY, MIGUEL ANGEL |
| Facultad | : | INGENIERÍA DE SISTEMAS E INGENIERÍA CIVIL |
| Escuela | : | ING. CIVIL |
| Asesor(a) | : | Mg. QUISPE AUCCASI, JOEL VICTOR |

Presenta un **porcentaje de similitud de 2%**, verificado en el Sistema Antiplagio COMPILATIO,

De acuerdo a los criterios de porcentaje establecidos en el artículo 9 de la DIRECTIVA DE USO DEL SISTEMA ANTIPLAGIO, el cual indica que todo trabajo de investigación no debe superar el 10%. **En tal sentido, se declara, que el presente trabajo de investigación: SI Contiene un porcentaje aceptable de similitud,** procediéndose a emitir la presente Constancia de Originalidad de Trabajo de Investigación (COTI) a solicitud del asesor.

En señal de conformidad se firma y sella el presente documento.

Fecha: 28/10/2024

Mg. JOSÉ MANUEL CÁRDENAS BERNAOLA
Director de Producción Intelectual

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

DIRECCIÓN DE PRODUCCIÓN INTELECTUAL

# AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

## Repositorio de la Universidad Nacional de Ucayali

Yo, Miguel Angel Bladilla Moreno

Autor de la tesis titulada : Aplicación de un Sistema de Visión Artificial y los Resultados para determinar los estandares del Porcelanato según la Norma ISO 10545, en Pucallpa - Callería - Coronel Portillo - Ucayali - 2023

Sustentada el año 2025

Asesor(a): Joel Victor Quispe Auccasi

Facultad: De Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Civil

Escuela Profesional: De Ingeniería Civil

Autorizo la publicación:

PARCIAL [ ] TOTAL [X]

De mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ucayali (www.repositorio.unu.edu.pe), bajo los siguientes términos:

**Primero**: Otorgo a la Universidad Nacional de Ucayali licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público en general mi tesis (incluido el resumen) a través del Repositorio Institucional de la UNU, en formato digital sin modificar su contenido, en el Perú y en el extranjero; por el tiempo y las veces que considere necesario y libre de remuneraciones.

**Segundo**: Declaro que la tesis es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, por tanto me encuentro facultado a conceder la presente autorización, garantizando que la tesis no infringe derechos de autor de terceras personas, caso contrario, me hago único(a) responsable de investigaciones y observaciones futuras, de acuerdo a lo establecido en el estatuto de la Universidad Nacional de Ucayali, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria y el Ministerio de Educación.

En señal de conformidad firmo la presente autorización.

Fecha: 29 / 12 / 2025

Email: xinochois@hotmail.com Firma:

Teléfono: 946185647 DNI: 71339655

## DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada a mi familia por su apoyo incondicional en lograr mis metas.

**AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a todos los investigadores que son los creadores de nuevo conocimiento.

## INDICE GENERAL

**INDICE DE TABLAS** ..... xi
**INDICE DE FIGURAS** ..... xii
**RESUMEN** ..... xiv
**ABSTRACT** ..... xv
**INTRODUCCIÓN** ..... xvi
**CAPITULO I** ..... 17
**PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA** ..... 17
**1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA** ..... 17
**1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA** ..... 17
**1.2.1. Problema General** ..... 17
**1.2.2. Problemas Específicos** ..... 18
**1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN** ..... 18
**1.3.1. Objetivo general** ..... 18
**1.3.2. Objetivos específicos** ..... 18
**1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA** ..... 18
**1.4.1. Justificación** ..... 18
**1.4.2. Importancia** ..... 19
**1.5. HIPÓTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN** ..... 19
**1.5.1. Hipótesis general** ..... 19
**1.5.2. Hipótesis especificas** ..... 19
**1.6. VARIABLES DEFINICIÓN CONCEPTUAL Y OPERACIONAL** ..... 19
**1.6.1. Variables** ..... 19
**1.6.2. Operacionalización de variables** ..... 20
**CAPITULO II** ..... 21
**MARCO TEORICO** ..... 21
**2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN** ..... 21
**2.1.1. Antecedentes Internacionales** ..... 21
**2.1.2. Antecedentes Nacionales** ..... 28
**2.1.3. Antecedentes Locales** ..... 30
**2.2. BASES TEORICAS** ..... 30
**2.2.1. Sistemas de inspección automatizada en la industria** ..... 30

**2.2.2. Medición dimensional y tolerancias geométricas en productos cerámicos** ..... 31
**2.2.3. Detección de defectos superficiales en materiales** ..... 31
**2.2.4. Propiedades físicas y mecánicas del porcelanato** ..... 32
**2.2.5. Inteligencia Artificial Aplicada a la Manufactura** ..... 32
**2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS** ..... 32
**CAPITULO III** ..... 42
**METODOLOGIA** ..... 42
**3.1. Método de investigación** ..... 42
**3.1.1. Tipo de investigación** ..... 42
**3.1.2. Nivel de investigación** ..... 42
**3.2. Población y muestra** ..... 42
**3.3. Procedimiento de recolección de datos** ..... 43
**3.4. Técnicas de recolección y tratamiento de datos** ..... 44
**3.5. Procesamiento para recolección de datos** ..... 44
**3.6. Tratamiento de datos** ..... 44
**CAPITULO IV** ..... 45
**PRESENTACIÓN DE RESULTADOS** ..... 45
**INGENIERIA DEL PROYECTO** ..... 45
**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA COMPUTACIONAL** ..... 46
**ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SOFTWARE** ..... 50
**CONSIDERACIONES PARA LA CAPTURA DE DATOS** ..... 52
**PROCEDIMIENTO PARA LA CAPATURA DE DATOS DEL PORCELANATO** 58
**VERIFICACIÓN DE HIPOTESIS** ..... 105
**CAPITULO V** ..... 106
**DISCUSIÓN DE RESULTADOS** ..... 106
**CONCLUSIONES** ..... 107
**RECOMENDACIONES** ..... 108
**REEFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS** ..... 109
**ANEXOS** ..... 111
**Anexo 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA** ..... 112

**“SISTEMA DE VISION ARTIFICIAL PARA DETERMINAR LA SUPERFICIE DEL PORCELANATO SEGÚN LA NORMA ISO 10545 UCAYALI – 2023”** 112

**Anexo 02: MOV: Matriz De Operacionalización De Variables** ..... 113

**Anexo 03: Instrumento estadístico** ..... 114

**Anexo 04: Fotos** ..... 119

**Anexo 05: FICHA TÉCNICA** ..... 125

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables ..... 20
Tabla 2. Captura de datos Lote 1 ..... 65
Tabla 3. Captura de datos Lote 2 ..... 69
Tabla 4. Captura de datos Lote 3 ..... 73
Tabla 5. Captura de datos Lote 4 ..... 77
Tabla 6. Captura de datos Lote 5 ..... 81
Tabla 7. Captura de datos Lote 6 ..... 85
Tabla 8. Captura de datos Lote 7 ..... 89
Tabla 9. Captura de datos Lote 8 ..... 93
Tabla 10. Captura de datos Lote 9 ..... 97
Tabla 11. Captura de datos Lote 10 ..... 101
Figura 40. Registro inicial del porcelanato negro orange ..... 119
Figura 41. Ajuste del contorno del porcelanato ..... 120
Figura 42. Generación de medidas del porcelanato ..... 120
Figura 43. Refinamiento de la detección del porcelanato ..... 121
Figura 44. Validación final del porcelanato negro ..... 121
Figura 45. Reconocimiento inicial del porcelanato blanco celima ..... 122
Figura 46. Delimitación del porcelanato blanco ..... 123
Figura 47. Procesamiento del área del porcelanato blanco ..... 123
Figura 48. Relectura del porcelanato blanco detectado ..... 124
Figura 49. Medición final del porcelanato blanco ..... 124

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diferentes tipos de iluminación para los sistemas de visión industrial ..... 33
Figura 2. Funcionamiento de sensor CCD. .....35
Figura 3. Distancia medida desde el lente de la cámara hasta el objeto. .....47
Figura 4: 7 cm. x 7 cm.....48
Figura 5. vista superior.....52
Figura 6. vista de un ángulo superior .....53
Figura 7. vista inferior.....53
Figura 8. DIAGRAMA DE FLUJO.....54
Figura 9: Captura de parámetros de un porcelanato.....64
Figura 10. Medición del largo de porcelanatos del lote 1 .....66
Figura 11. Variación del espesor de porcelanatos del lote 1 .....67
Figura 12. Niveles del porcelanato del lote 1 .....68
Figura 13. Medición del largo de porcelanatos del lote 2 .....70
Figura 14. Variación del espesor de porcelanatos del lote 2 .....71
Figura 15. Niveles del porcelanato del lote 2 .....72
Figura 16. Medición del largo de porcelanatos del lote 3 .....74
Figura 17. Variación del espesor de porcelanatos del lote 3 .....75
Figura 18. Nivel de los porcelanatos del lote 3 .....76
Figura 19. Medición del largo de porcelanatos del lote 4 .....78
Figura 20. Variación de espesor en porcelanatos del lote 4.....79
Figura 21. Nivel de los porcelanatos del lote 4 .....80
Figura 22. Medición del largo de porcelanatos del lote 5 .....82
Figura 23. Variación del espesor de porcelanatos del lote 5 .....83
Figura 24. Nivel de los porcelanatos del lote 5 .....84
Figura 25. Medición del largo de porcelanatos del lote 6 .....86
Figura 26. Variación del espesor de porcelanatos del lote 6 .....87
Figura 27. Niveles del porcelanato del lote 6 .....88
Figura 28. Medición del largo de porcelanatos del lote 7 .....90
Figura 29. Variación del espesor de porcelanatos del lote 7 .....91
Figura 30. Niveles del porcelanato del lote 7 .....92
Figura 31. Medición del largo de porcelanatos del lote 8 .....94

Figura 32. Variación del espesor de porcelanatos del lote 8 .....95
Figura 33. Niveles del porcelanato del lote 8 .....96
Figura 34. Medición del largo de porcelanatos del lote 9 .....98
Figura 35. Variación del espesor de porcelanatos del lote 9 .....99
Figura 36. Niveles del porcelanato del lote 9 .....100
Figura 37. Medición del largo de porcelanatos del lote 10 .....102
Figura 38. Variación del espesor de porcelanatos del lote 10 .....103
Figura 39. Niveles del porcelanato del lote 10 .....104

## RESUMEN

La presente investigación presenta la aplicación de un sistema de visión artificial y los resultados obtenidos para determinar los estándares del porcelanato según la norma ISO 10545, para lo cual se hizo uso del lenguaje de programación Python con las librerías de OpenCV (biblioteca abierta de visión por computadora), a fin de construir un software capaz de capturar las medidas del porcelanato en un ambiente controlado, considerando la colorimetría, contrastes, distancia, estabilidad, nivel y otros factores, mediante una cámara digital para la captura. La muestra para este estudio fue probabilística, aplicando un muestreo aleatorio simple, seleccionando un porcelanato por caja, haciendo un total de 200 unidades; eligiendo 20 porcelanatos por cada uno de los 10 lotes. Se ha podido determinar que un sistema de visión artificial influye significativamente en los resultados para determinar las medidas del porcelanato según la norma ISO 10545. Desde el lote 1 hasta el lote 10 se presentan los datos obtenidos aplicando el sistema de visión artificial, donde la toma de datos se realizó a dos decimales (00.00 cm). Se concluye que, si no se consideran los parámetros de colorimetría, nivel, distancia de toma de la cámara y la referencia del marcador cuadrado sintético, el error tiende a incrementarse.

**Palabras Claves:** Visión Artificial, Porcelanato.

## ABSTRACT

This research presents the application of an artificial vision system and the results obtained to determine porcelain tile standards according to ISO 10545. To this end, the Python programming language was used with OpenCV libraries (open computer vision library) to build software capable of capturing the measurements of porcelain tiles in a controlled environment, considering colorimetry, contrasts, distance, stability, level, and other factors, using a digital camera for capture. The sample for this study was probabilistic, applying simple random sampling, selecting one porcelain tile per box, for a total of 200 units: choosing 20 porcelain tiles for each of the 10 batches. It has been determined that an artificial vision system significantly influences the results for determining the measurements of porcelain tiles according to ISO 10545. Tables 1 through 10 present the data obtained using the artificial vision system, where data collection was performed to two decimal places (00.00 cm). It was concluded that if colorimetry parameters, level, camera shooting distance, and synthetic square marker reference are not considered, the error tends to increase.


**Keywords:** Artificial Vision, Porcelain Tile.

# INTRODUCCIÓN

La presente investigación muestra la transversalidad de la tecnología y la necesidad de contar con ella en el área de ingeniería, así mismo planteamos un sistema de visión artificial para poder obtener las medidas de un porcelanato tamaño, largo, ancho, espesor y nivel: cóncava, convexa, lo cual permitió tomar una seria de datos de 10 lotes de porcelanato, los cuales fueron llevados a unas tablas incrementales, permitiéndonos mostrar los resultados en gráficos, mostrando los valores diferenciados de cada porcelanato y los márgenes de diferencia en las medidas.

La construcción del sistema de visión artificial se desarrolló usando licencia de código abiertor “Open Source” como lenguaje de programación se usó Phyton y como librería para el manejo de visión artificial se usó OpenCV, para el manejo de las métricas para la captura de las medidas físicas del porcelanato se aplicó como marcador cuadrado sintético compuesto por un borde negro ancho y una matriz binaria interior que determina su identificador Oruco Marker.

La captura de datos se desarrolló en un ambiente controlado, tomando en consideración la colorimetría, contrastes, distancia de la cámara y el objeto a capturar sus medias, estabilidad y nivel.

Finalmente, de los datos obtenidos aplicando el sistema de visión artificial, donde se la tomó datos a dos decimales 00.00 cm. de los porcelanatos podemos afirmar que, si no se considera los parámetros a controlar en la toma de datos, el error es incremental. En nuestro caso hemos podido demostrar que nuestro sistema tiene un error de 0.01 cm. que es mucho menor a los instrumentos tradicionales.

# CAPITULO I

# PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

## 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Existe la necesidad de contar con un sistema que pueda determinar la superficie del porcelanato según la norma ISO 10545; la importancia de esta investigación radica que tanto a nivel internacional, nacional y local no existe un sistema que evalúe la superficie del porcelanato según la norma ISO 10545 bajo consideraciones de estándares internacionales, utilizado en las construcciones realizadas en nuestra región o en el país. En la actualidad las evaluaciones para determinar la superficie del porcelanato se hacen en forma manual, algunos utilizan el nivel y otros aplican agua (la aplicación de estas técnicas solo se hace como parte del procedimiento para la recepción de algunas obras), pero son procedimientos rudimentarios que tienen un alto grado de error y no reportan con presión el estado de la superficie del porcelanato.

En el caso que no se haga una correcta verificación de la superficie del porcelanato, tendrá como consecuencias:

- Un desnivel en el área instalada del porcelanato.
- En algunas áreas de los proyectos de construcción se requiere ciertos grados de inclinación para la evacuación del agua, por loque si no se verifica la superficie del porcelanato, se requerirá mayor inclinación.
- Los porcelanatos que tengan problemas en su superficie generarán pequeños encharcamientos y desenfoque de la iluminación al reflejar la luz.

## 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

### 1.2.1. Problema General

¿En qué medida la aplicación de un sistema de visión artificial mejorará los resultados para determinar la superficie del porcelanato según la norma ISO 10545?

### 1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Es posible determinar el margen de error de un sistema de visión artificial para determinar la superficie del porcelanato según la norma ISO 10545?
- ¿Cuál es la influencia de la aplicación de colorimetría de las imágenes, en la determinación de la superficie del porcelanato según la norma ISO 10545?

## 1.3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.3.1. Objetivo general

Determinar en qué medida la aplicación de un sistema de visión artificial mejorará los resultados para determinar la superficie del porcelanato según la norma ISO 10545.

### 1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el margen de error de un sistema de visión artificial para determinar la superficie del porcelanato según la norma ISO 10545.
- Conocer la influencia de la aplicación de colorimetría de las imágenes, en la determinación de la superficie del porcelanato según la norma ISO 10545

## 1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

### 1.4.1. Justificación

**Justificación teórica**

El planteamiento de un sistema de visión artificial para determinar la superficie del porcelanato según la norma ISO 10545, nace como una solución a la necesidad de evaluar el porcelanato usado en las obras públicas y privadas en nuestra región y en el país.

**Justificación metodológica**

El aporte de esta investigación de proponer un sistema de visión artificial para determinar la superficie del porcelanato según la norma ISO 10545, usando para ello técnicas de recojo de información como es la observación, el formulario, pruebas y monitoreo, las cuales nos ayudarán a determinar la relación correcta que existe entre nuestras variables de estudio.

### 1.4.2. Importancia

La presente investigación tiene su importancia en la propuesta de un sistema de visión artificial para determinar la superficie del porcelanato según la norma ISO 10545, dando a los profesionales de ingeniería civil y arquitectura un instrumento que evalúe el porcelanato bajo estándares internacionales; a nivel internacional, nacional y local no existe un sistema que cumpla la norma ISO 10545, para determinar la superficie del porcelanato utilizado en las proyectos de infraestructura en nuestra región y en el país.

## 1.5. HIPÓTESIS Y VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.5.1. Hipótesis general

La aplicación de un sistema de visión artificial mejorará significativamente los resultados para determinar la superficie del porcelanato según la norma ISO 10545.

### 1.5.2. Hipótesis especificas

El margen de error de un sistema de visión artificial para determinar la superficie del porcelanato según la norma ISO 10545 es inferior al 0.5%.

La influencia de la aplicación de colorimetría de las imágenes, en la determinación de la superficie del porcelanato según la norma ISO 10545, es muy significativa.

## 1.6. VARIABLES DEFINICIÓN CONCEPTUAL Y OPERACIONAL

### 1.6.1. Variables

**Variable independiente**

**Sistema de visión artificial**

Zhang, D., et al. (2024) señalan que un sistema de visión artificial se refiere a “la tecnología de visión aplicada al diseño de automatización mecánica que cubre el flujo de trabajo de adquisición de imagen, procesamiento y reconocimiento” en entornos industriales, donde los algoritmos permiten extraer y emparejar puntos característicos con rapidez y precisión para tareas de localización y control.

**Variable dependiente**

**Estándares del porcelanato según la norma ISO 10545**

Los estándares del porcelanato según la norma ISO 10545 se refieren al conjunto de requisitos técnicos que deben cumplir las baldosas cerámicas principalmente en lo relativo a su absorción de agua, porosidad aparente, densidad relativa y masa volumétrica para poder clasificarse como productos adecuados para distintos usos (Refin Ceramic Tiles, s. f.).

### 1.6.2. Operacionalización de variables

*Tabla 1. Operacionalización de variables*

| VARIABLE | DIMENSION | INDICADORES | ESCALA |
|---|---|---|---|
| **Variable Independiente:** Visión artificial. | Hardware | • Tipo de laser<br>• Color del laser<br>• Porcentaje de Error<br>• Diseño | Nominal Politómica |
| | Software | • Lenguaje de Programación<br>• Open Software<br>• Sistema Operativo | |
| **Variable Dependiente:** Estándares del porcelanato según la norma ISO 10545 | Características del Porcelanato | • Ancho<br>• Largo,<br>• Espesor<br>• Rectitud de los lados<br>• Rectangularidad de la pieza<br>• Planalidad superficial: Curvatura y alabeo<br>• Calidad superficial: Define los defectos (no intencionales) como fracturas, cuarteo de esmaltes, burbujas, pinchazos | Nominal Politómica |

***Fuente:*** *Elaboración propia*

# CAPITULO II

# MARCO TEORICO

## 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

### 2.1.1. Antecedentes Internacionales

Rojas T., Sanz W. y Arteaga F. (2008), “Sistema de visión por computadora para la detección de objetos esféricos a través de la transformada de Hough, Universidad de Carabobo, Venezuela”, “Este material muestra el progreso de un sistema de visión que mediante el ordenador lograr localizar apariencias circulares en imágenes capturadas mediante una web cam común. Se trata de una práctica que realiza la herramienta de segmentación para hallar los bordes conocida como Transformada Circular de Hough, como soporte del sistema de visión artificial adecuando en una interfaz gráfica de usuario Matlab, práctica hecha en el Laboratorio de Robótica y Visión Industrial de la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Carabobo para el robot antropomórfico RHINO XR-3, Conclusiones: Se constato la eficacia de la Transformada Circular de Hough como método numérico para la verificación de objetos circulares/esféricos presentes en una figura digital. Se verifica la rapidez de la Transformada, siendo el tiempo empleado para hallar el orden de las décimas de segundos, a la más baja resolución y en un ordenador personal con procesador Intel Centrino de doble núcleo. También se comprobó que aumentar la resolución requerida no es sensiblemente la exactitud de la ubicación de los objetos, teniéndose como resultado directo un aumento del tiempo del resultado de la Transformación y una mayor dificultad de lograr un ajuste óptimo de los parámetros de detección. El conocimiento que un sistema de visión artificial logra proveer es particularmente aplicable en robótica para la ejecución de tareas independientes para eliminar este problema por parte de los manipuladores industriales, cuando estos son adecuadamente programados”.

Vargas W. (2019), Universidad Técnica de Ambato, “Análisis De Objetos Translúcidos Usando Técnicas De Visión Por Computador”, “El adelanto de la tecnología a nivel mundial permite llevar a cabo sistemas de visión por computador, desarrollando soluciones integrales a empresas industriales, maximizando su calidad, restando pérdidas, localizando posibles problemas en las líneas automáticas y aumentando su producción, mediante el tratamiento

digital de imágenes que tiene la aptitud de detectar, analizar, almacenar e interpretar los resultados para un análisis estadístico del producto. El proyecto se basa en realizar diferentes detecciones de un objeto translúcido presentes en la escena que proporciona una cámara, dentro del objeto que se proyecta se determina la cualidad del objeto, el objetivo fundamental del proyecto es encontrar las escenas que se presenten como fallos al ser identificados (burbujas, rayaduras o incrustaciones). Los recuentos de las propiedades del objeto a ser analizado se han establecido como elemento de interacción a ser analizado. Dirigiendo así la detección de manchas se puede ahorrar el tiempo de visualización por el ser humano a un tiempo real de procesamiento de imágenes, y así con los procesos es posible detectar las manchas en los objetos de interés.

Para examinar el proceso del objeto, esté dentro de un ambiente controlado, el cual, disminuye completamente la característica de la iluminación exterior el cual examina y procesa un análisis real en cuanto a sus Particularidades. Las operaciones y funciones que tiene Open CV permiten validar las diferentes instancias del objeto de interés en una imagen, facilitando la extracción de manchas para su análisis. Las librerías de soporte son esenciales para examinar la imagen y proponer soluciones que contribuyan al control de calidad en la industria del vidrio, asegurando el estándar del producto ofrecido en el mercado. Los datos estadísticos generados por este sistema de procesamiento de imágenes actuaran como una validación definitiva para determinar si el objeto traslucido analizado presenta manchas aceptables o rechazables. Conclusiones: El presente estudio evidencian la viabilidad de confiar en los análisis estadísticos realizados, especialmente en la correlación de Pearson que arrojó un valor de 0.5849, en el contexto del diseño e implementación de un nuevo sistema industrial en el ámbito del control de calidad. La investigación señala que la integración del sistema de visión artificial ha cumplido con los objetivos establecidos, destacando que la técnica de contraste y la utilización de iluminación LED son fundamentales para el procesamiento efectivo de la detección de objetos translúcidos. Asimismo, la adaptación del sistema a un ambiente controlado minimiza la influencia de fuentes externas de luminosidad, optimizando la captura de imágenes para un análisis estadístico más preciso respecto al número de manchas, el tiempo de

procesamiento y la inspección de calidad. Los resultados obtenidos indican que se ha logrado una reducción del 99.50% en el tiempo de procesamiento digital de imágenes para identificar defectos, contribuyendo significativamente a la disminución de pérdidas y a un aumento en el rendimiento del personal encargado de la revisión de calidad. Es crucial, sin embargo, que los objetos translúcidos sean manipulados adecuadamente, quedando completamente limpios y exentos de huellas dactilares para garantizar un óptimo procesamiento digital en las zonas de interés a ser analizadas".

Marrugo J. (2017), Universidad Tecnológica de Bolívar, Colombia, "Sistema de Visión Artificial para la medición de desplazamientos en un prototipo a escala de una estructura civil", "El análisis del desplazamiento y deformación de las estructuras constituye un proceso fundamental dentro de la Vigilancia de la Salud Estructural. Existen diversas técnicas y dispositivos para la medición de deformaciones y desplazamientos, incluyendo transductores diferenciales de variación lineal (LVDT), galgas extensométricas y el sistema de posicionamiento global (GPS), los cuales, si bien efectivos, pueden resultar costosos y no siempre ofrecen la precisión deseada. En este trabajo, hemos implementado un enfoque innovador basado en visión para la medición sin contacto de los desplazamientos en un prototipo a escala de una estructural civil. Utilizando un esquema de partición, el sistema mide los desplazamientos relativos sucesivos y los ángulos de rotación mediante la salida de una estructura flexible de gran tamaño. Realizamos pruebas experimentales con dos cámaras Basler-Ace Gig E Visión instalados en una estructura de acero flexible para monitorear los desplazamientos. A través de MATLAB, se desarrolló un algoritmo de procesamiento de imágenes que permite medir los desplazamientos relativos y la estimación del desplazamiento total de la estructura. Para validad los resultados, se emplearon codificadores ópticos conectados a la estructura, arrojando diferencias significativas entre los desplazamientos estimados mediante nuestro enfoque visual y los valores exactos medidos. Estos resultados destacan la viabilidad de las técnicas basadas en visión como alternativa en la vigilancia de la salud estructural. Conclusiones: En el presente trabajo se presenta un sistema innovador para la medición de desplazamientos en estructuras civiles mediante el uso de visión artificial. Este método, que ha

demostrado ser confiable y económico, permite realizar mediciones sin necesidad de contacto físico con la estructura, lo que representa una ventaja significativa en aplicaciones prácticas. Los resultados experimentales respaldan la consistencia de las mediciones obtenidas a través del sistema de visión, evidenciando un error del sistema encoder de ± 1 mm, lo que sugiere que el sistema de visión podría ofrecer una resolución superior. A pesar de ello, las mediciones de ambos métodos coinciden adecuadamente, lo que refuerza la validez del enfoque utilizado. En términos de cálculo de errores porcentuales, se ha determinado un error promedio de 2,78%, considerado aceptable dada la escala del prototipo y margen de error asociado al encoder de referencia".

Caro, B. (2021) "Universidad de Chile", "Estudio de aplicaciones de la Inteligencia Artificial en el desarrollo de proyectos de ingeniería civil", "En el ámbito de la ingeniería y la construcción, la incorporación de tecnologías avanzadas ha demostrado significativamente la manera en que se desarrollan los proyectos. La metodología BIM, el uso de drones, la impresión 3d, y la realidad virtual y aumentada, junto con el internet de las cosas y la analítica avanzada de datos, han dado paso a la era de la construcción 4.0, parte de la Transformación Digital actual. Este proceso se apoya en la automatización robótica de procesos (RPA), el internet de las cosas (IoT), el Big Data, la computación en la nube, buscando resolver los desafíos de productividad en el sector. En este contexto, los algoritmos de inteligencia artificial juegan un papel crucial, facilitando la automatización de actividades y la toma de decisiones en la gestión de proyectos. Varios sectores, como la manufactura y la salud, ya han integrado exitosamente estas tecnologías, destacando la importancia de la investigación académica, como la realizada en el Instituto de Datos e Inteligencia Artificial de la FCFM de la Universidad de Chile. Este estudio se centra en las aplicaciones actuales y potenciales de la inteligencia artificial en proyectos de ingeniería civil, respaldando por una exhaustiva revisión bibliográfica y la recopilación de datos mediane encuestas y entrevistas a profesionales del sector. Las principales conclusiones revelan que la inteligencia artificial ha comenzado a implementarse en diversas etapas del proceso constructivo, desde el diseño hasta la gestión y la construcción, especialmente en áreas como

pronósticos de costos y plazos, control de seguridad, detección de tecnologías innovadoras como BIM y la inteligencia artificial.”

Celi, C. y Heredia J. (2018) “Universidad Politécnica Salesiana – Ecuador”, “Sistema inteligente con visión artificial para el reconocimiento de piezas mecánicas en el Robot NAO”, “En el presente documento se aborda de manera exhaustiva la concepción y operación de un sistema inteligente que integra capacidades de visión artificial, diseñado específicamente para la identificación y manejo de piezas mecánicas en un entorno de producción. Este sistema se estructura mediante la implementación de dos algoritmos distintos: el primero se centra en el reconocimiento e identificación de piezas, haciendo uso de momentos invariantes de Hu, combinados con una red neuronal artificial operativa en el entorno de MATLAB, que permite procesar las imágenes y clasificar las piezas mecánicas de manera precisa. El segundo algoritmo, por su parte, se orienta hacia la identificación de patrones de colores, aprovechando para ello la Liberia OpenCV en Python, lo que facilita la navegación y orientación del robot en el espacio físico. Para asegurar una integración efectiva entre los dos entornos de programación, se establece una intercomunicación automatizada a través del programa Virtual Serial Port Emulator (VSP), permitiendo así el intercambio de datos críticos, tales como las respuestas generadas por la red neuronal, la posición especifica de los objetos detectados y la información necesaria para la correcta ubicación del robot dentro de su entorno operativo. Las piezas que el sistema es capaz de discriminar, incluyendo tuercas, pernos y terminales, son clasificadas por el robot NAO, quien se desempeña como un operario dinámico dentro de una línea de producción. Adicionalmente, se ha desarrollado un algoritmo especializado para la evasión de obstáculos, incorporando los sensores bumpers situados en los pies del robot; estos sensores se activan ante la detección de cualquier impedimento en su trayectoria, permitiendo que le robot altere su curso de manera ágil y retome su ruta hacia el objetivo deseado. Es relevante mencionar que, con el fin de lograr un desplazamiento lineal efectivo, se han implementado múltiples métodos de corrección de posición, lo que optimiza el rendimiento global del sistema y garantiza su funcionalidad en un entorno real. Este enfoque multidisciplinario no solo realza la capacidad operacional del robot, sino también fortalece la

interacción entre el software y hardware, promoviendo así un avance significativo en l ámbito de la robótica y la automatización industrial. Conclusiones: Se determino que le robot NAO es capaz de realizar tareas específicas en un entorno industrial, empleando visión e inteligencia artificial para llevar a cabo tareas de clasificación. Este robot presenta la habilidad de discriminar, sujetar y movilizar piezas mecánicas con un alto grado de precisión, lo que permite optimizar los procesos en una línea de producción. En el contexto de la extracción de características de las piezas mecánicas, se implementó el algoritmo de momentos invariantes de Hu, el cual ha demostrado una notable eficiencia en sistemas de reconocimiento de figuras cuando se trabaja con un fondo controlado, monocromático y libre de ruidos. Esta metodología asegura que cada pieza mecánica disponga de una matriz de datos única, lo que a su vez incrementa la exactitud en la identificación de las piezas, dado que le enfoque del cálculo de los momentos se centra en el objeto en cuestión, minimizando la influencia del fondo de la imagen. En el desarrollo de la red neuronal artificial, se adoptó un enfoque experimental para determinar la cantidad optima de neuronas en la capa oculta; en lugar de fijar un parámetro predeterminado, se realizaron múltiples pruebas con distintas configuraciones. A modo de resultado, en el presente proyecto se evidencio un error de identificación del 3.34% al utilizar 50 neuronas en la capa oculta. El análisis de estos errores revelo que le terminal presento la tasa más alta de fallo en reconocimiento, alcanzando un 5,26%, mientras que la pieza con la menor tasa de error fue el perno, con un índice de identificación errónea del 2.27%. estas observaciones no solo destacan la efectividad del robot NAO en la industria, sino que también ilustran la importancia de una rigurosa calibración y optimización en los sistemas de inteligencia artificial para mejorar la precisión en la clasificación de componentes mecánicos.”

Muñoz J. y Bernal M. (2016), Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia”, “Aplicación de Sistemas de Visión Artificial Para la Supervisión y Control de Procesos de Manufactura en el Laboratorio de Ingeniería Industrial”, “ El laboratorio de manufactura flexible de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira tiene como objetivo fundamental proporcionar a los estudiantes un entorno propicio para el aprendizaje practico,

permitiendo que a través de lúdicas didácticas adquieran conocimientos esenciales en la manipulación, programación e implementación de equipos tecnológicos. Este enfoque practico es crucial para que lo futuros ingenieros sean capaces de generar soluciones innovadoras que aborden problemáticas reales en los procesos de manufactura. En este contexto, se han desarrollado tres lúdicas específicas que se centran en la implementación de un sistema de visión artificial, abordando tres escenarios típicos de supervisión y control que son críticos en esta área de estudio. La primera lúdica, denominada Presencia – Ausencia, desafía a los estudiantes a programar el sistema de visión artificial para identificar la ausencia de ficha o detectar la presencia de colores incorrectos en un lote que sale de la línea de producción, lo que refuerza la importancia de la calidad en los procesos manufacturados. La segunda lúdica, Medición de pieza, exige que los estudiantes utilicen el sistema para medir el diámetro de una pieza fabricada y comparen con un estándar predeterminado, fomentando así habilidades de control de calidad y conformidad dimensional. Por último, la lúdica de Reconocimiento de Patrones permite a los estudiantes programar el sistema para clasificar productos de acuerdo a su forma y contorno, lo cual es esencial en el sistemas automatizados modernos, cada lúdica está acompañada de un temario detallado que incluye objetivos claros, un planteamiento del problema, fundamentos teóricos sobre el funcionamiento de los equipos involucrados, un procedimiento paso a paso para su correcta programación y, finalmente , la elaboración de conclusiones que facilitan la contextualización de los temas aprendidos. Este enfoque integral no solo enriquece la formación teórica de los estudiantes, sino que también le posiciona para proponer alternativas tecnológicas viables que resuelvan eficazmente los desafíos presentes en los procesos de manufactura actuales. Conclusiones: La aplicación de la metodología de aprendizaje basado en problemas (ABP) a un grupo de estudiantes de la Facultad de ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica de Pereira se ha revelado como una herramienta eficaz para facilitar la comprensión y Analís profundo de problemas complejos especialmente en el ambiro de la implementación de sistemas de visión artificial en procesos de manufactura. A través de esta metodología, los estudiantes lograron identificar y analizar las variables criticas involucradas en tres casos típicos de supervisión control, lo cual es fundamental para el desarrollo de soluciones efectivas. El uso

de instrumentos de evaluación como checklists, autoevaluaciones y retroalimentación continua permitió cuantificar el progreso y la comprensión adquirida por partes de los estudiantes, así como potenciar sus habilidades prácticas en el uso de tecnologías avanzadas como la visión artificial. Este enfoque no solo contribuyo a, mejorar la eficiencia y productividad en una línea de producción, sino que también fomento un cambio paradigmático en la forma en que los estudiantes se aproximan al aprendizaje. Al adoptar un rol más activo y proactivo, los estudiantes dejaron atrás el pensamiento tradicional que los mantenía en una postura pasiva, caracterizada por la dependencia de pautas estrictas por sus 24 docentes, y comenzaron a fomentar su curiosidad intelectual, auto indagando y explorando diversas alternativas de solución. Este desarrollo no solo enriquece su aprendizaje académico, sino que también los prepara para enfrentar desafíos en su futura vida profesional, en un contexto donde la autonomía y la innovación son vitales para el éxito en el ámbito industrial".

### 2.1.2. Antecedentes Nacionales

Gutiérrez M. (2022), Pontificie Universidad Católica del Perú, "Visión computacional en la industria de la construcción: identificación de equipos de seguridad en obras mediante el uso de Deep Lear Ning", "la industria de la construcción se distingue por ser uno de los sectores más vulnerables en términos de seguridad laboral, ya que expone a los operarios a una variedad de riesgos constantes asociados con las condiciones de trabajo que demanda, tales como el trabajo en alturas y manejo de maquinaria pesada. En este contexto, la implementación de equipos de protección colectiva y personal emerge como una estrategia crucial para salvaguardar la integridad física de los trabajadores frente a accidentes comunes como caídas y colisiones. Sin embargo, en el entorno laboral se observan actitudes inapropiadas por parte del personal, quienes, a menudo optan por despojarse de dichos quipos de seguridad debido a factores como el peso de estos, cambios de temperatura y la incomodidad general que pueden generar. Esta conducta ha llevado a que el control de estas conductas se vuelva exhaustivo, ya que involucra un monitoreo proactivo en distintas actividades a lo largo de la jornada laboral. En respuesta a este desafío, el presente estudio propone una innovadora evaluación de la eficacia de la tecnología de Deep Lear Ning para automatizar el reconocimiento y supervisión

del uso de equipos de protección en el sitio de la construcción, facilitando así la comunicación sobre el uso inadecuado de estos elementos a los supervisores de obra. Para ello, se desarrolló una base de datos integral que incluye imágenes de los equipos de protección bajo diversas condiciones visuales, abarcando una amplia variedad de factores intraclase como posturas, colores, contexturas, y estaturas de los operarios, así como diferentes intensidades de iluminación, oclusiones y aglomeraciones. Este trabajo se justifica no solo por la diversidad de equipos de protección analizados en comparación con estudios previos, sino también por la utilización de tres algoritmos de aprendizaje profundo ampliamente reconocidos en la literatura – VGG-16, Resnet-18 e inceltion-V3- para entrenar y evaluar el sistema, de los cuales Inception – V3 alcanzo una notable precisión del 84% utilizando un conjunto de datos de escala regular. Este resultado resalta el potencial de las metodologías de aprendizaje profundo para mejorar el monitoreo de la seguridad en la construcción, al ser capaz de gestionar una mayor cantidad de datos y optar por modelos más avanzados, siguiendo las recomendaciones aquí presentadas para evitar confusiones en la clasificación de los equipos. Adicionalmente, este estudio realiza dos contribuciones significativas: primero, se proporciona un exhaustivo resumen del estado del arte sobre las aplicaciones actuales de la visión computacional en el sector construcción, con la finalidad de guiar a futuros proyectos en la selección de temas de estudio, identificación de logros, abordaje de limitaciones y establecimiento de buenas prácticas. En segundo lugar, el conjunto de datos elaborado presenta una mayor variedad de tipos de equipos de protección personal (EPP) y equipos de protección colectiva (EPC) en comparación con lo que se ha documentado previamente, y estará disponible bajo solicitud con la intención de estandarizar el acceso a un conjunto de datos propio para la industria de la construcción, facilitando así la implementación en este critico ámbito. Conclusiones: El uso de equipos de protección colectiva y personal es fundamental para salvaguardar la vida de los operarios en las obras de construcción, donde los accidentes pueden ocurrir en cualquier momento. Sin embargo, a menudo se observa que el personal en campo manifiesta comportamientos inadecuados, como el retiro de los equipos de seguridad, motivados por factores como la incomodidad del peso de estos, el aumento de la temperatura corporal, y la percepción de baja utilidad. Esta situación subraya

la importancia de un control exhaustivo, que actualmente debe incluir el monitoreo proactivo de diversas actividades al largo de la jornada laboral. En este contexto, el presente estudio se enfoca en evaluar la efectividad de la tecnología de Deep Lear Ning para la autorización de la detección de equipos de seguridad. Se llevo a cabo una comparación de tres algoritmos de reconocimiento de imágenes: VGG-16, Resnet-18 e Inception -V3, donde se observó que los modelos más avanzados lograron una mejor generalización en la clasificación de los equipos bajo distintas condiciones visuales. En particular, el prototipo basado en Inception-V3 alcanzo una precisión del 84% utilizando un conjunto de datos de escala regular, y considerando una mayor variedad de equipos de protección que lo documentado en la bibliografía existente. Este rendimiento destaca el potencial de las metodologías de aprendizaje profundo para mejorar el monitoreo de la seguridad del personal en las obras, sugiriendo que es posible incrementar esta efectividad a través de un mayor volumen de datos, ajustes en la arquitectura de la red neuronal como la inclusión de técnicas de Propout, Batch Normalization y Regularización o implementando modelos más complejos. Además, se presenta la necesidad de explorar las capacidades de seguimiento y localización de objetos en el entorno de trabajo, optimizando así las medidas de seguridad en el sector de la construcción.”.

### 2.1.3. Antecedentes Locales

No se cuenta con información relevante sobre el tema de investigación.

## 2.2. BASES TEORICAS

### 2.2.1. Sistemas de inspección automatizada en la industria

Los sistemas de inspección automatizada permiten evaluar productos y procesos con alta precisión y eficiencia, integrando sensores, actuadores y sistemas de control digital para minimizar errores humanos y garantizar la calidad. Garrido et al. (2024) muestran que la automatización de un prototipo de Tape Casting, mediante sensores y control electrónico, posibilita gestionar variables críticas del proceso y asegurar uniformidad en los productos. Aunque su estudio se centra en la automatización de la producción, los principios de monitoreo y control digital son aplicables a la inspección industrial, incluyendo la medición de dimensiones y la detección de defectos en materiales como el porcelanato. Al enmarcarse en la Industria 4.0, estos sistemas pueden

conectarse y supervisarse en tiempo real, optimizando procesos y respaldando la implementación de tecnologías como la visión artificial para garantizar que los productos cumplan estándares internacionales como la ISO 10545, mejorando la eficiencia y confiabilidad del control de calidad en la manufactura cerámica.

### 2.2.2. Medición dimensional y tolerancias geométricas en productos cerámicos

La medición dimensional y las tolerancias geométricas aseguran que los productos cumplan con los estándares de calidad y las especificaciones de diseño. Martínez y Pérez (2019) explican que las tolerancias dimensionales definen los límites permitidos de variación en las dimensiones de una pieza, mientras que las tolerancias geométricas garantizan que la forma, orientación y posición de sus elementos cumplan con los requisitos funcionales. Estos conceptos son aplicables a la fabricación de porcelanato y otros productos cerámicos, ya que permiten evaluar si las piezas cumplen con las normas de calidad, asegurando uniformidad e intercambiabilidad. En sistemas automatizados de inspección y visión artificial, estas mediciones y tolerancias sirven de base para que los algoritmos detecten desviaciones y defectos, asegurando que cada unidad cumpla con los estándares establecidos, como los definidos en la ISO 10545.

### 2.2.3. Detección de defectos superficiales en materiales

Fernández (2005) señala que la detección de defectos superficiales en materiales mediante técnicas ópticas avanzadas, como la holografía conoscópica, permite identificar irregularidades, grietas y variaciones en la superficie sin necesidad de contacto físico, asegurando mediciones precisas y confiables en entornos industriales. Estas técnicas son fundamentales en la inspección de productos cerámicos, como el porcelanato, donde la uniformidad y la ausencia de defectos superficiales son esenciales para cumplir con los estándares de calidad. La integración de métodos de procesamiento de imágenes con sistemas automatizados de visión artificial facilita la evaluación continua de las piezas, permitiendo detectar desviaciones y defectos de manera rápida y objetiva. Así, la aplicación de estas tecnologías respalda la eficiencia del control de calidad, contribuye a la optimización de procesos y asegura que los productos cumplan con las normas internacionales, como la ISO 10545,

garantizando uniformidad, funcionalidad y confiabilidad en la manufactura cerámica.

### 2.2.4. Propiedades físicas y mecánicas del porcelanato

La calidad y el rendimiento del porcelanato dependen de la selección de materias primas y del proceso de fabricación, especialmente del control de la cocción y la densificación del material. Leonelli et al. (2001) muestran que un adecuado manejo de estos factores produce piezas más resistentes a la flexión y al desgaste, con menor absorción de agua y una mayor uniformidad dimensional. Estas características son esenciales para garantizar durabilidad y desempeño, y resultan fundamentales al implementar sistemas de inspección automatizados y visión artificial, ya que facilitan la detección de defectos y aseguran que cada unidad cumpla con los estándares internacionales de calidad, como los establecidos por la ISO 10545.

### 2.2.5. Inteligencia Artificial Aplicada a la Manufactura

En la manufactura moderna, las herramientas basadas en inteligencia artificial facilitan la supervisión y optimización de los procesos productivos, permitiendo identificar irregularidades y anticipar posibles fallas sin depender únicamente de la intervención humana. Reyes y Castillo (2023) destacan que mediante sistemas de aprendizaje profundo es posible analizar grandes volúmenes de datos generados durante la producción, lo que contribuye a mejorar la consistencia de los productos y reducir pérdidas materiales. En la industria cerámica, estas capacidades se aplican a la inspección de porcelanato, donde los sistemas automatizados pueden evaluar con precisión cada pieza y garantizar que cumpla con los estándares de calidad establecidos, como los de la ISO 10545. Esta integración tecnológica no solo incrementa la eficiencia, sino que también fortalece la confiabilidad de los procesos, permitiendo una fabricación más estable y controlada.

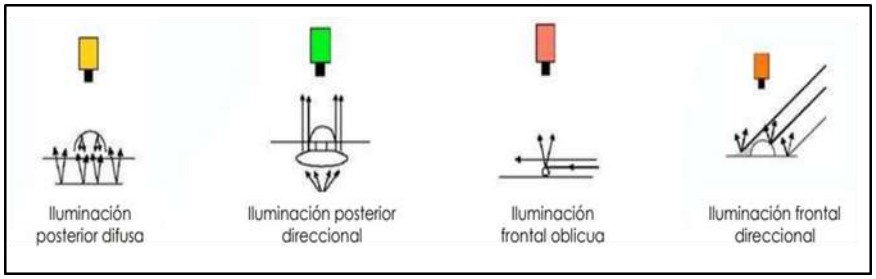
## 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

**Iluminación para la obtención de imágenes**

(«EL BLOG DE VISIÓN ARTIFICIAL PARA EL SECTOR INDUSTRIAL», 2023), “Los sistemas de visión computarizada, fundamentalmente utilizados en diversas aplicaciones industriales de automatización, dependen en gran medida

de la calidad y el nivel de iluminación para lograr un rendimiento optimo, de manera similar a como ocurre en el ojo humano. La eficacia del sistema de iluminación es crucial, ya que afecta directamente la calidad de la imagen adquirida, influyendo en la precisión y eficiencia global del sistema de inspección. Las fuentes de luz, que actúan como sistemas de iluminación, deben ser seleccionadas y configuradas con rigor, ya que la luz dirige hacia los materiales y objetos de interés durante el proceso de inspección. Aspectos como tipo de iluminación, la ubicación de las fuentes de luz y la calidad del color son determinantes para obtener imágenes nítidas y detalladas del objeto en cuestión. En la práctica, las configuraciones de iluminación se dividen principalmente en dos categorías: la iluminación delantera, que se concentra en el objeto para mejorar la detección características superficiales, la iluminación de fondo, que se utiliza para resaltar el contorno y la estructura del objeto al mejorar el contraste con el fondo. Para alcanzar un nivel óptimo de iluminación, es esencial considerar varios factores clave: al geometría de la escena, que implica la relación espacial tridimensional entre el objeto, la fuente de luz y la cámara; la estructura de la iluminación, que se refiere a la forma y distribución de la luz; la longitud de onda o color, que impacta como la luz se refleja en el objeto y el entorno; el uso de filtros para modificar el espectro luminoso; y la disposición relativa de las fuentes de luz en relación con la cámara y el objeto, lo cual puede afectar fenómenos como el reflejo de la luz, la difusión y la creación de campos claros u oscuros. A continuación, se ilustrarán diferentes tipos de sistemas de iluminación utilizados en entornos industriales de Visión computarizada, poniendo de manifiesto la importancia de cada parámetro en la consecución de resultados óptimos en la inspección visual automatizada".

***Figura 1. Diferentes tipos de iluminación para los sistemas de visión industrial.***

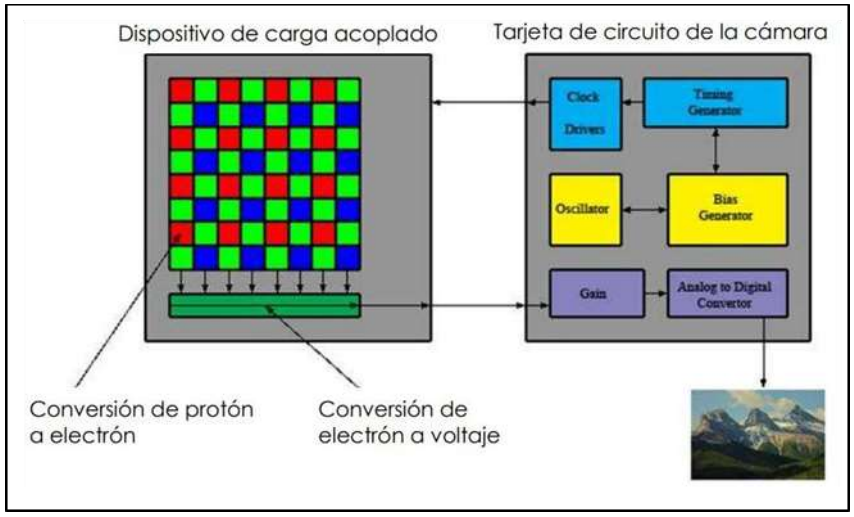



*Fuente: http://formacion.faico.org*

**Adquisición de imágenes**

(«SENSOR CLEANING», 2023), “Los dispositivos de captura de imagen, comúnmente conocidos como sensores, desempeñan un papel fundamental en la visualización y análisis de objetos o piezas en diversas aplicación industriales y científicas. Entre los dispositivos utilizados para la generación de imágenes se encuentra escáneres de ultrasonido que aprovechan ondas sonoras para revelar características internas de los materiales; rayos X, que permiten la observación no destructiva de elementos internos a través de la penetración de radiación electromagnética; y espectroscopia de infrarrojo cercano, que se emplea para identificar materiales a partir de su firma espectral. Sin embargo, un componente esencial en el ámbito de la Visión artificial son los sensores de imagen de estado sólido, específicamente aquellos que utilizan tecnología de carga acoplada (CCD por sus siglas en ingles), que ofrecen una excelente calidad de imagen y capacidad de detección. En cuanto a la iluminación, se utilizan diversas configuraciones, incluyendo iluminación posterior difusa y direccional, así como iluminación frontal oblicua y direccional, las cuales permiten resaltar diferentes características de la superficie de los objetos en estudio. En los últimos años, la adopción de cámaras digitales ha revolucionado este campo al simplificar el proceso de captura de imágenes, eliminando la necesidad de componentes adiciones para convertir las imágenes generadas por cámaras fotográficas o CCD a un formato que los procesadores de computadora puedan interpretar. Lo más destacado de las cámaras digitales es su capacidad para obtener imágenes con una alta resolución y bajo nivel de ruido, lo que resulta en representaciones más precisas de la realidad. En la figura se ilustra el diagrama de funcionamiento de un CCD, destacando los principios y elementos que permiten su operación eficiente en la captura y procesamiento de datos visuales.”.

*Figura 2. Funcionamiento de sensor CCD.*




Fuente: http://www.sensorcleaning.com/

**Extracción de características de un objeto a través de visión artificial**

(«SENSOR CLEANING», 2023), “Una característica se define como un valor que describe un objeto de manera numérica, y su adecuada selección es esencial para garantizar el éxito de cualquier algoritmo de clasificación en el campo del aprendizaje automático y la visión por computadora. El proceso de búsqueda de la estructura interna en los datos de la imagen, conocido como extracción de características, implica identificar y extraer aquellos elementos que son representativos y útiles para la tarea especifica de clasificación. Posteriormente, la selección de características se refiere al proceso de elegir las variables más relevantes entre una serie inicial de candidatos, con el objetivo de optimizar el rendimiento del modelo. Esta fase es crítica, ya que la cantidad y calidad de las características seleccionadas pueden influir significativamente en la precisión de efectividad del algoritmo. La relevancia de las características extraídas se determina generalmente a través de métodos que pueden ser tanto manuales, mediante ensayo y error, como automáticos, utilizando procedimientos de selección de funciones que evalúan de manera sistemática la importancia de cada característica en relación con el objetivo del modelo. Este enfoque no solo ayuda a mejorar la interpretabilidad del modelo, sino que también contribuye a la reducción de la dimensionalidad, lo que puede resultar en tiempos de procesamiento más eficaces y en una mejor generalización en datos vistos.

**Rincón de convergencia y agrupamiento de esquinas**

En el análisis de imágenes, es fundamental que cada esquina de un cuadro se represente como un único punto para mantener la precisión en la detección de características. No obstante, el movimiento del cuadro puede causar un desenfoque en las esquinas debido al inevitable movimiento de la cámara, lo que resulta en la generación de múltiples coordenadas para cada esquina detectada. Este fenómeno complica el proceso de detección de esquinas, ya que puede dar lugar a confusiones y errores en la representación. Por consiguiente, es esencial desarrollar métodos que permitan converger estas múltiples coordenadas de un solo punto, asegurando así que se represente de manera precisa la ubicación exacta de cada esquina.

**Métodos de detección de defectos**

El enfoque estadístico es el principal método para la detección de defectos, ya que permite analizar la distribución espacial de valores de gris a través de representaciones como la función de autocorrelación, las matrices de coocurrencia y la dimensión fractal. Estas técnicas proporcionan una forma cuantitativa de identificar anomalías en imágenes, facilitando la detección y análisis de defectos de manera precisa y eficiente.

**Operación de substracción de imagen**

La inspección de imagen mediante el método de sustracción se lleva a cabo a través de una serie de paso metódicos que garantizan la detección precisa de diferencias significativas entre una imagen de referencia y una imagen a inspeccionar. En primer lugar, se procede a la carga de la imagen de referencia, que servirá como el estándar contra el cual se evaluaran las variaciones. En el segundo paso, es crucial almacenar esta imagen de referencia de manera que se pueda utilizar eficazmente para la operación de sustracción. Posteriormente, en el tercer paso, se carga la imagen que será objeto de inspección. La operación de sustracción de imágenes es esencial para resaltar las diferencias entre ambas imágenes, utilizando un análisis píxel por píxel mediante operadores lógicos. El resultado de este proceso de sustracción genera una imagen que pone de manifiesto los defectos presentes en la imagen inspeccionada: la codificación deriva de dicha operación produce una representación binaria, donde el valor ‘1’ indica un píxel blanco (correspondiente a un defecto) y ‘0’ representa un píxel

negro (sin defecto). Es importante recordar que la operación de sustracción se basa en dos reglas fundamentales: La primera establece que, si se resta 0 de 1, se obtiene 1, arrojando pixeles positivos; La segunda indica que al restar 1 de 0, se obtiene -1, lo que resulta en pixeles negativos. Para llevar a cabo la inspección utilizando este método, los pasos son los siguientes:

- Selección de la imagen de referencia
- Almacenamiento de la imagen.
- Selección de la imagen a inspeccionar.
- Aplicación del operador lógico XOR.
- Obtención de imagen resultante.
- Toma de decisiones.
- Análisis de partículas.

Es crucial que ambas imágenes (la de referencia y la inspeccionada) sean del mismo tamaño en pixeles para asegurar la efectividad del proceso. La operación XOR, que compara la imagen inspeccionada con la de referencia, resulta ser una herramienta poderosa en la detección de defectos. Para hacer una medición precisa en función de las imágenes, el primer paso radica en adquirir imágenes de alta calidad y definición del objeto a examinar. El barrido en línea, una técnica madura ampliamente adoptada tanto en la industria como en el ámbito médico, completamente este proceso. La reconstrucción de una imagen obtenida a partir de un escaneo en línea se realiza de manera eficaz al unir las imágenes de secuencia generadas durante el escaneo. Este enfoque ha demostrado ser particularmente eficaz para captar imágenes de objetivos planos. Además, en el contexto de técnicas supervisadas de análisis de imágenes, se pueden distinguir dos enfoques principales: modelado y clasificación. Los métodos supervisados se fundamentan en la observación, utilizando como base clases previamente conocidas, conocidas como conjunto de entrenamiento. Con estos criterios de clasificación, es posible categorizar cada nuevo objeto dentro de un conjunto de pruebas, lo que puede aplicarse tanto a la clasificación como al cálculo de parámetros de eficiencia en la evaluación automatizada de imágenes”.

**Porcelanato**

(«Qué son los porcelanatos y sus diferencias», 2019), “El porcelanato es un tipo de producto cerámico que se elabora a partir de arcilla, por lo que se puede considerar un primo cercano de la cerámica. Este material se obtiene utilizando arcilla blanca y otro componente que son sometidos a un cuidadoso proceso de prensado, secado y cocción a temperaturas que pueden superar los 1300 grados centígrados. A diferencia de la cerámica convencional, que emplea arcilla roja, el porcelanato utiliza una arcilla más refinada y purificada, lo que permite una cocción a mayores temperaturas y presiones. Esta diferencia en el proceso de fabricación confiere al porcelanato propiedades superiores, como mayor resistencia y durabilidad. La amplia variedad de tipos, formas y diseños de porcelanatos proporciona numerosas posibilidades para la combinación y remodelación de cualquier espacio, adaptándose así a las diversas necesidades estéticas y funcionales de los ambientes contemporáneos.

**¿Cuántos tipos de piso de porcelanato existen?**

El porcelanato se representa como una opción versátil y de alta calidad en el ámbito de los revestimientos de posos, destacándose principalmente en dos categorías: El porcelanato técnico y el porcelanato esmaltado. La diferencia fundamental entre ambos radica en la superficie; mientras que el porcelanato técnico carece de esmalte, el esmaltado, como su denominación sugiere, cuenta con un acabado cerámico vitrificado. Aunque el proceso de fabricación es similar para ambos tipos, es crucial contar con la asesoría de un experto para determinar cuál de ellos se adapta mejor a las necesidades específicas del proyecto. Esta elección, aunque aparentemente sencilla, puede tener un impacto significativo en la estética, durabilidad y funcionalidad del espacio.

**¿Cuáles son las ventajas del porcelanato?**

Luego de considerar los factores de espacio y ambiente, y siguiendo la opinión de nuestros arquitectos expertos en el tema, es importante destacar las principales ventajas del porcelanato en proyectos de remodelación:

- El porcelanato se presenta como la opción número uno para resistir un uso más rudo de los habitual, lo que le convierte en una opción ideal a considerar al remodelar cualquier área de la casa que este expuesta a un alto tránsito. Esto es especialmente relevante en espacios amplios y concurridos, así

como en zonas que soportan el paso de vehículos; es el material perfecto para renovar el piso de tu cochera o la superficie de tu terraza, garantizando durabilidad y estética.

- En segundo lugar, una vez instalado, la superficie del porcelanato ofrece una notable facilidad de limpieza; este material permite mantener un espacio con un piso uniforme, donde las juntas o boquillas son mínimamente visibles, un aspecto que muchos propietarios buscan para lograr una apariencia refinada.
- Por último, su ausencia de porosidad es un factor decisivo, ya que evita la rápida absorción de agua, lo que no solo facilita su mantenimiento, sino que también lo convierte en la elección idónea para la remodelación de baños y espacios exteriores susceptibles a la humedad y otros elementos. En conjunto, estas características hacen del porcelanato una opción extremadamente versátil y funcional para cualquier proyecto de renovación.

**¿Cuáles son las diferencias del porcelanato con la cerámica?**

Al abordar el proceso de selección entre el porcelanato y cerámica para un proyecto de remodelación o construcción, es fundamental ir más allá de la percepción superficial de que ambos materiales representan estilos estéticos distintos. Es esencial realizar un análisis detallado de las necesidades específicas del espacio en cuestión, considerando tanto el contexto como la funcionalidad requerida. En este sentido, la resistencia inherente del porcelanato se perfila como una opción privilegiada para proyectos que exigen durabilidad, lo que resulta particularmente valioso en áreas como los baños, donde su capacidad de no absorber agua maximiza la longevidad del acabado. Asimismo, el porcelanato también se presenta como una alternativa ideal para exteriores, especialmente en regiones con climas extremos, ya que su estructura densa resiste condiciones adversas como el frio intenso y la humedad, lo que lo convierte en el material perfecto para terrazas. Además, estas características, la dureza del porcelanato se traduce en una mayor resistencia o fracturas durante la instalación, algo que se vuelve crucial cuando se considera el uso de piezas grandes. Este aspecto es decisivo para proyectos de mayor escala, donde la integridad del material puede influir notablemente en el resultado final. Por otro lado, para proyectos más reducidos o detalles decorativos, la cerámica puede

ser más adecuada, dado que es más fácil de manejar en términos de corte y ajuste. Cabe mencionar que el corte de porcelanato requiere de herramientas más especializadas, como discos de diamante, y habilidades de instalación que muchas veces solo poseen profesionales experimentados.”

**Visión Computacional**

**(«Visión Computacional», 2022)**

**¿Qué es la Visión Artificial?**

La visión artificial representa un avance significativo en el campo de la inteligencia artificial, permitiendo a las computadoras y sistemas interpretar imágenes digitales y videos para extraer información relevante y tomar decisiones informadas. A diferencia de la visión humana, que se beneficia de experiencias y contextos aprendidos para discernir objetos y sus características, la visión artificial se basa en el entrenamiento de algoritmos con un enfoque en procesar datos visuales de manera eficiente. Este enfoque permite que las maquinas, equipadas con cámaras avanzadas, analicen un volumen asombroso de información, identificando defectos y problemas en producción a una velocidad que supera la capacidad humana. Actualmente, la visión artificial es fundamental en múltiples sectores, incluyendo energía, manufactura y automotriz, y se proyecta que su mercado alcanzara los 48.6 mil millones de USD en 2022, evidenciando su creciente relevancia y aplicación en diversas industrias.

**¿Cómo funciona la visión artificial?**

La visión artificial, un campo en constante evolución dentro de la inteligencia artificial, requiere de grandes volúmenes de datos para llevar a cabo análisis exhaustivos que permitan identificar diferencias sutiles y, en última instancia, reconoces imágenes de manera efectiva. Por ejemplo, para entrenar a un sistema informático que sea capaz de identificar neumáticos de automóviles, es fundamental proporcionarle una extensa colección de imágenes que incluya tanto neumáticos en perfecto estado como aquellos que presentan diferentes tipos de defectos. Este proceso de aprendizaje se basa en dos tecnologías clave: el Deep Lear Ning y las redes neuronales convolucionales (CNN). El Deep Lear Ning se apoya en modelos algorítmicos que permiten que la computadora se auto entrene, analizando el contexto de datos visuales. A

medida que se le presentan suficientes datos, el sistema ‘observa’ las imágenes y aprende a diferenciarlas, lo que permite reconocer patrones sin la intervención directa de un programador que le indique como hacerlo. Por otro lado, las CNN son fundamentales para que un modelo de machine Lear Ning o Deep Lear Ning pueda ‘ver’ al descomponer las imágenes en pixeles, a los que se les asignan etiquetas o rótulos. Este proceso implica realizar convoluciones, que son operaciones matemáticas que combinan dos funciones para generar una tercera, y utilizar estas etiquetas para hacer predicciones sobre el contenido visual. La red neuronal lleva a cabo múltiples iteraciones de convoluciones, ajustando y 36 verificando la precisión de sus predicciones hasta que estas se alinean con la realidad. De este modo, una CNN es capaz de reconocer imágenes de manera análoga o como lo haría un ser humano; primero, identifica bordes y formas simples y, posteriormente, completa la información a través de iteraciones. Para aplicaciones de video, se emplean redes neuronales recurrentes (RNN) que permiten a las computadoras entender las relaciones entre imágenes en una secuencia de cuadros, facilitando así una interpretación más rica y contextualizada del contenido visual en movimiento. Este enfoque integral en el análisis de datos visuales no solo mejora la precisión del reconocimiento de imágenes, sino que también abre nuevas posibilidades en campos como la automatización industrial, la seguridad y el entretenimiento”.

# CAPITULO III

# METODOLOGIA

## 3.1. Método de investigación

### 3.1.1. Tipo de investigación

El tipo de investigación se tomó como referencia a (BARRANTES, R. (2008). “Investigación. Un camino al conocimiento. San José, Costa Rica: Universidad Estatal a Distancia): fue una Investigación Aplicada / Descriptiva. Porque buscó detallar en un determinado tiempo las características de un conjunto de eventos y se emplearon un conjunto de herramientas tecnológicas para poder lograr los objetivos de la investigación".

### 3.1.2. Nivel de investigación

De acuerdo con el planteamiento de los problemas, objetivos e hipótesis formuladas, el nivel de investigación para el presente estudio fue Descriptiva - Explicativa.

(Hernández, Fernández y Baptista, 2010), nos dice: “Una investigación es Descriptiva cuando tiene como objetivo fundamental la descripción de situaciones y eventos, permitiendo así comprender tanto la naturaleza como el comportamiento de fenómenos específicos. Estos estudios se central en detallar las características y propiedades relevantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro objeto de análisis, ofreciendo una visión clara y precisa de las variables involucradas. A través de la recopilación y el análisis de datos, la investigación descriptiva facilita la identificación de patrones y tendencias, lo que resulta crucial para el desarrollo de teorías y la toma de decisiones informadas en diversas disciplinas.” Es el caso de nuestra investigación desarrollamos una propuesta de un sistema de visión artificial para determinar la superficie del porcelanato según la norma ISO 10545.

## 3.2. Población y muestra

### Población

De acuerdo con Palella y Martins (2008), la población se define como “un conjunto de unidades de las que se desea obtener información sobre las que se van a generar conclusiones” (p. 95). En el presente estudio, la población estuvo conformada por 10 lotes de porcelanato, donde cada lote incluye 20 cajas, y cada

caja contiene 4 unidades de porcelanato, lo que representa un total de 800 unidades de porcelanato.

**Muestra**

La muestra para este estudio fue probabilística, aplicando un muestreo aleatorio simple, dado que todos los elementos de la población tuvieron la misma probabilidad de ser seleccionados. Para el estudio se eligió un porcelanato por cada caja, conformando 20 porcelanatos por lote, lo que representa un total de 200 unidades. Este procedimiento permitió garantizar la representatividad de los diferentes lotes de porcelanato.

La fórmula de cálculo para determinar la muestra, según Sierra Bravo (2001), es:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot q}{(e^2(N-1)) + (Z^2 \cdot p \cdot q)}$$

Donde:

$n$= tamaño de la muestra

$N$= tamaño de la población

$Z$= valor de la distribución normal (1.96 para 95% de confianza)

$p$= probabilidad de éxito (0.5)

$q$= 1 – p

$e$= margen de error (5%)

Sin embargo, en este estudio no fue necesario aplicar la fórmula, ya que la muestra se determinó directamente a partir del total de unidades disponibles en los 10 lotes, manteniendo el carácter probabilístico del proceso de selección.

**3.3. Procedimiento de recolección de datos**

**Plan de recolección de datos**

La investigación se basó en la aplicación de un formulario diseñado para la recolección de datos relacionados con la captura de datos aplicando el software desarrollado para obtener las medidas de un porcelanato.

## 3.4. Técnicas de recolección y tratamiento de datos

### 3.4.1. Fuentes, técnicas e instrumentos de recolección de datos

Dentro del procedimiento para la recolección de información, se ha tenido en cuenta lo siguiente:

- Elaborar los instrumentos de investigación. (validar los instrumentos)
- Aplicación de los instrumentos de investigación.
- Análisis y discusión de los resultados.
- Fundamentación y conclusión del trabajo de investigación en función de sus resultados mediante las fichas técnicas aplicados a la muestra se estimó siguiendo los criterios que ofrece la estadística.
- El instrumento fue el formulario, el cual nos sirvió para recopilar información y desarrollar una propuesta de un de un sistema de visión artificial para determinar la superficie del porcelanato según la norma ISO 10545.

## 3.5. Procesamiento para recolección de datos

- Para obtener la información (captura de datos y desarrollo del software) se desarrolló en los ambientes del centro de investigación en Inteligencia Artificial de la Facultad de ingeniería de Sistemas e ingeniería Civil.
- La recolección de información fue de forma ordenada, para que sea más fácil el manejo y se desarrolló de una manera más eficiente el procesamiento de los datos

## 3.6. Tratamiento de datos

Para el tratamiento de la información se utilizó Software Excel, donde se construyó tablas y gráficos.

# CAPITULO IV

# PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

## INGENIERIA DEL PROYECTO

### Motivación del proyecto

Existe la necesidad de determinar la superficie del porcelanato según la norma ISO 10545; la importancia de esta investigación radica que tanto a nivel internacional, nacional y local no existe una investigación que evalúe las características del porcelanato según la norma ISO 10545 bajo consideraciones de estándares internacionales, utilizado en las construcciones realizadas en nuestra región o en el país, aparentemente las dimensiones de un porcelanato son iguales, tanto en el ancho, largo, espesor y superficie.

### Objetivo del Proyecto

Conocer las propiedades físicas externas de los porcelanatos, como son sus medidas: largo, ancho y espesor; así como su nivel: cóncava, convexa o nivelado.

### Importancia del uso de un sistema computacional de visión artificial

La presente investigación tiene su importancia en la propuesta de un sistema de visión artificial para determinar las propiedades físicas externas de los porcelanatos, como son sus medidas: largo, ancho y espesor; así como su nivel: cóncava, convexa o nivelado, según la norma ISO 10545, dando a los profesionales de ingeniería civil y arquitectura un instrumento que evalúe el porcelanato bajo estándares internacionales; a nivel internacional, nacional y local no existe un sistema que cumpla la norma ISO 10545, para determinar la superficie del porcelanato utilizado en las proyectos de infraestructura en nuestra región y en el país

## DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA COMPUTACIONAL

### Requerimiento de Hardware y software

### Computadora y Sistema Operativo

| | |
|---|---|
| Procesador | 11th Gen Intel(R) Core(TM) i7-1195G7 @ 2.90GHz 2.92 GHz |
| RAM instalada | 16.0 GB (15.7 GB usable) |
| Identificador de dispositivo | 71447A4F-6C22-4BAF-A239-05F99D16A29A |
| Id. del producto | 00342-42308-73088-AAOEM |
| Tipo de sistema | Sistema operativo de 64 bits, procesador basado en x64 |
| Lápiz y entrada táctil | Compatibilidad del lápiz y la función táctil con 10 puntos táctiles |

### Lenguaje de Programación

### Phyton

(phyton.org, 2024), “Python es un lenguaje de programación interpretado, interactivo y orientado a objetos que se destaca por su poderosa funcionalidad y su sintaxis. Ofrece un rico conjunto de características, incluyendo módulos, excepciones, tipo dinámico y clases, admite múltiples paradigmas de programación, como la programación funcional y procedimental. Su extensibilidad mediante C o C++, junto a interfaces para diversas bibliotecas y sistemas operativos, lo convierte en una opción versátil para desarrollar aplicaciones que requieren interfaces programables. Además, Python es portátil y se ejecuta en diversas plataformas, incluyendo Unix, Linux. mascOs y Windows. Lo que facilita su adopción en distintos entornos de desarrollo”.

### Procesamiento de Imágenes OpenCV

(Imagina Group, 2024), “OpenCV es una biblioteca de visión por computadora que facilita el procesamiento de imágenes en Python. Su amplia gama de herramientas permite llevar a cabo diversas operaciones, tales como el filtrado, detección de bordes, reconocimiento de características y seguimiento de objetos. Estas capacidades hacen de OpenCV una opción destacada para desarrolladores e investigadores que buscan implementar soluciones innovadoras en el campo de la visión artificial”.

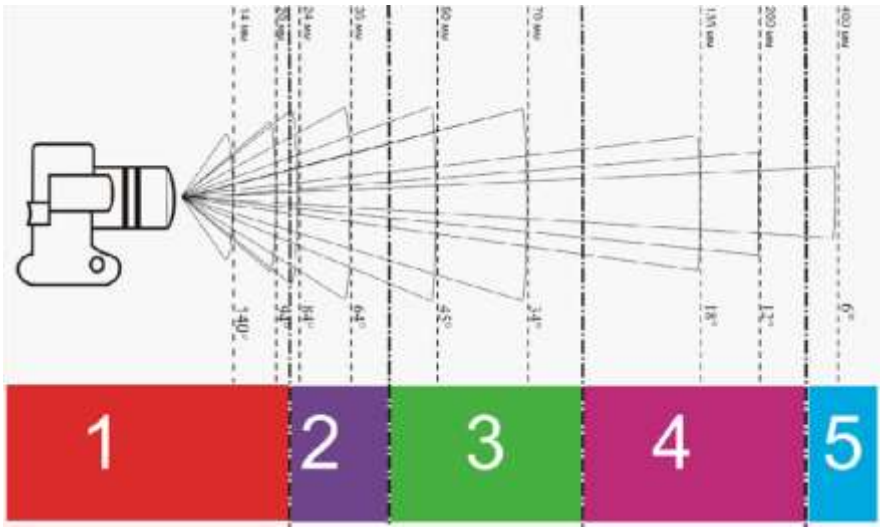
**Cámara Digital**

Marca: Canon

Modelo: EOS Rebel t5i

Campo de visión: Área del objeto que se captará por el sensor de la cámara: H= 100.00 cm.; V=100.00 cm.; A= 1,000.00 cm2; Distancia de trabajo: 1,200.00 cm.

***Figura 3. Distancia medida desde el lente de la cámara hasta el objeto.***




**Marcador Digital**

**Aruco Marker**

(OpenCV, 2024) “Un marcador ArUco es un marcador cuadrado sintético compuesto por un borde negro ancho y una matriz binaria interior que determina su identificador (id). El borde negro facilita su rápida detección en la imagen y la codificación binaria permite su identificación y la aplicación de técnicas de detección y corrección de errores. El tamaño del marcador determina el tamaño de la matriz interna. Por ejemplo, un tamaño de marcador de 4x4 se compone de 16 bits”.

En nuestro caso usamos el siguiente marcador:

***Figura 4: 7 cm. x 7 cm.***



**Metodología Ágil**

Para el desarrollo del sistema de detección y medición de calidad del porcelanato, se empleó la metodología ágil Scrum, la cual es especialmente adecuada para gestionar proyectos complejos y dinámicos, como este. Scrum permitió al equipo trabajar de manera iterativa y colaborativa, adaptándose a los cambios y asegurando la entrega continua de valor.

El proyecto se dividió en cuatro esprints(estados) clave, cada uno con objetivos específicos que contribuyeron al desarrollo del sistema completo. A lo largo de estos sprints, el equipo se enfocó en distintas etapas del desarrollo, desde la creación de los componentes fundamentales hasta la integración y validación del sistema en un entorno controlado

## ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SOFTWARE

## METODOLOGÍA AGIL / POR SPRINT

### Sprint 1: Configuración Inicial y Desarrollo del Detector de Objetos

Objetivo: Configurar el entorno de desarrollo y crear el primer prototipo del detector de objetos basado en OpenCV. Este sprint se centrará en la implementación del módulo de detección de objetos en un fondo homogéneo.

Actividades:

- Configuración del entorno de desarrollo.
- Desarrollo del algoritmo de detección de objetos.
- Pruebas iniciales para asegurar que el sistema detecte objetos de manera eficiente.

### Sprint 2: Implementación del Módulo de Detección con ArUco

Objetivo: Integrar la detección de marcadores ArUco para medir las dimensiones del porcelanato, como altura y anchura. Este sprint permitirá asegurar la precisión en la medición y establecer un estándar para las evaluaciones posteriores.

Actividades:

- Integración de la detección de marcadores ArUco.
- Ajuste y calibración del sistema para mediciones precisas.
- Pruebas de precisión en la medición de dimensiones.

### Sprint 3: Detección de Defectos y Evaluación de Planitud

Objetivo: Desarrollar y perfeccionar los módulos para la detección de defectos visuales y la evaluación de la planitud del porcelanato (convexo o cóncavo). Esto es crucial para garantizar que el sistema pueda identificar productos que no cumplan con los estándares de calidad.

Actividades:

- Implementación de algoritmos para la detección de defectos visuales.
- Desarrollo del módulo de evaluación de planitud.
- Validación y pruebas exhaustivas en diferentes muestras de porcelanato.

**Sprint 4: Integración y Validación en un Entorno Controlado**

Objetivo: Integrar todos los módulos desarrollados en un sistema cohesivo y validarlo en un entorno controlado que simule las condiciones de una línea de producción real. Esto asegurará que el sistema esté listo para su implementación industrial.

Actividades:

- Integración completa de los módulos de detección y medición.
- Pruebas de validación en un entorno controlado.
- Preparación de la documentación final y presentación de resultados.

Este enfoque dividido en cuatro sprints permitió un desarrollo organizado, con entregas incrementales que faciliten la evaluación continua del progreso y la adaptación a los requerimientos del proyecto. La metodología Scrum garantizó que al final de cada sprint, el sistema esté más cercano a cumplir con los estándares de calidad necesarios para su implementación en una línea de producción de porcelanato.

## CONSIDERACIONES PARA LA CAPTURA DE DATOS

### Ambiente Controlado

El ambiente controlado se refiere a un entorno donde las variables externas como la iluminación, el fondo, y la posición de la cámara están estandarizadas para asegurar que las condiciones de detección y medición sean consistentes y precisas.

### Configuración del Ambiente

- Iluminación: Se utilizaron luces uniformes que minimizaron sombras y reflejos. La iluminación es constante durante todas las fases del proyecto.
- Fondo: El fondo fue homogéneo, preferiblemente de un color que contraste bien con los objetos y los marcadores ArUco.
- Posición de la Cámara: La cámara se ubicó en una posición fija y estable, con una resolución predefinida, asegurando que las mediciones sean replicables.

### Módulo para la captura de datos del porcelanato

La estructura se construyó de varillas de fierro, con las siguientes características:

- Varilla de fierro de ángulo de 1 pulgada
- Cubo de 1.0 x 1.0 x 1.0 metro
- Pintado de color negro
- Soporte en el medio, de lado a lado con una separación de 5 cm.

***Figura 5. vista superior***

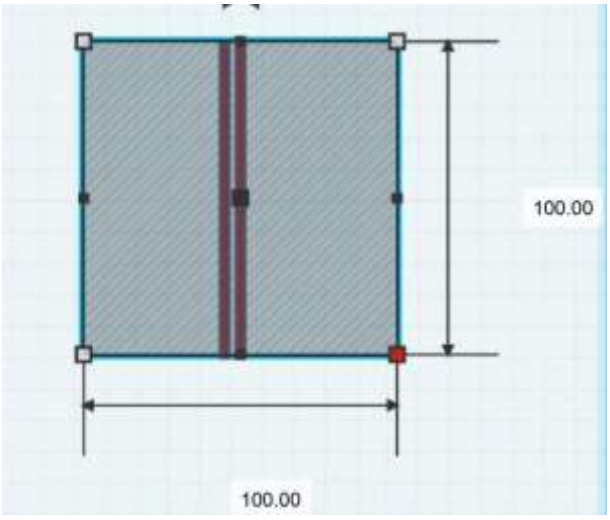


*Figura 6. vista de un ángulo superior*

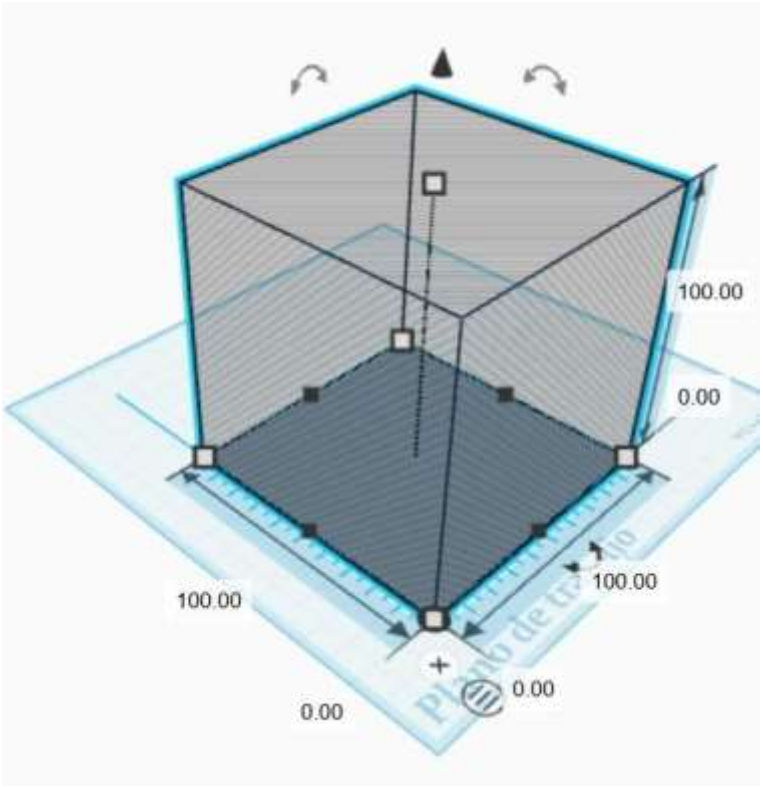



*Figura 7. vista inferior*

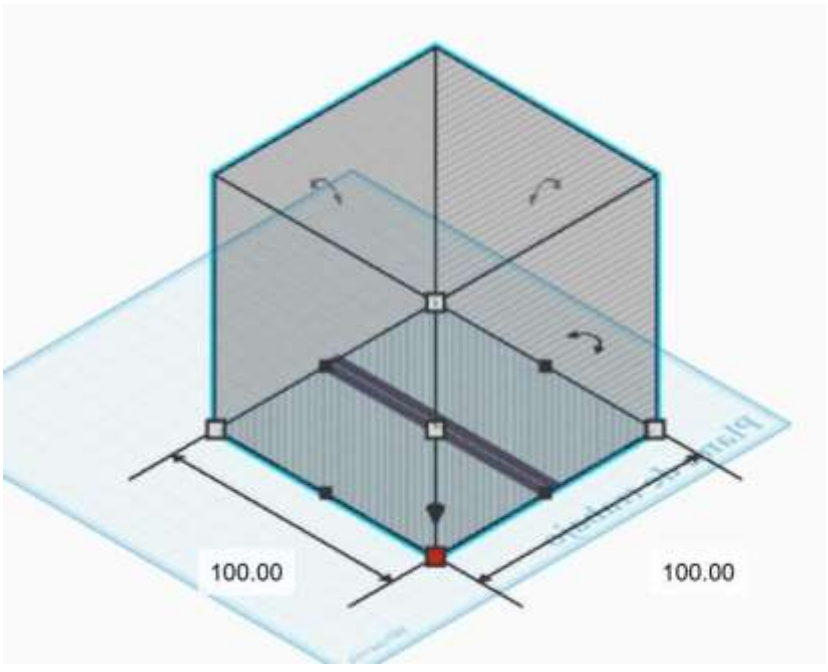
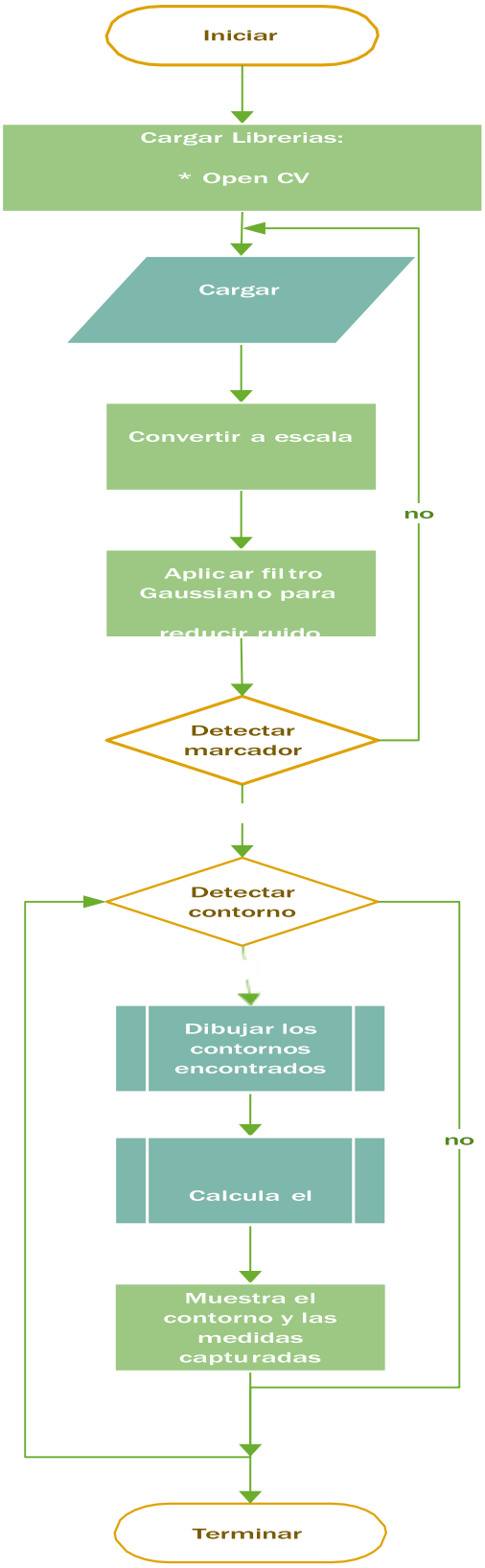
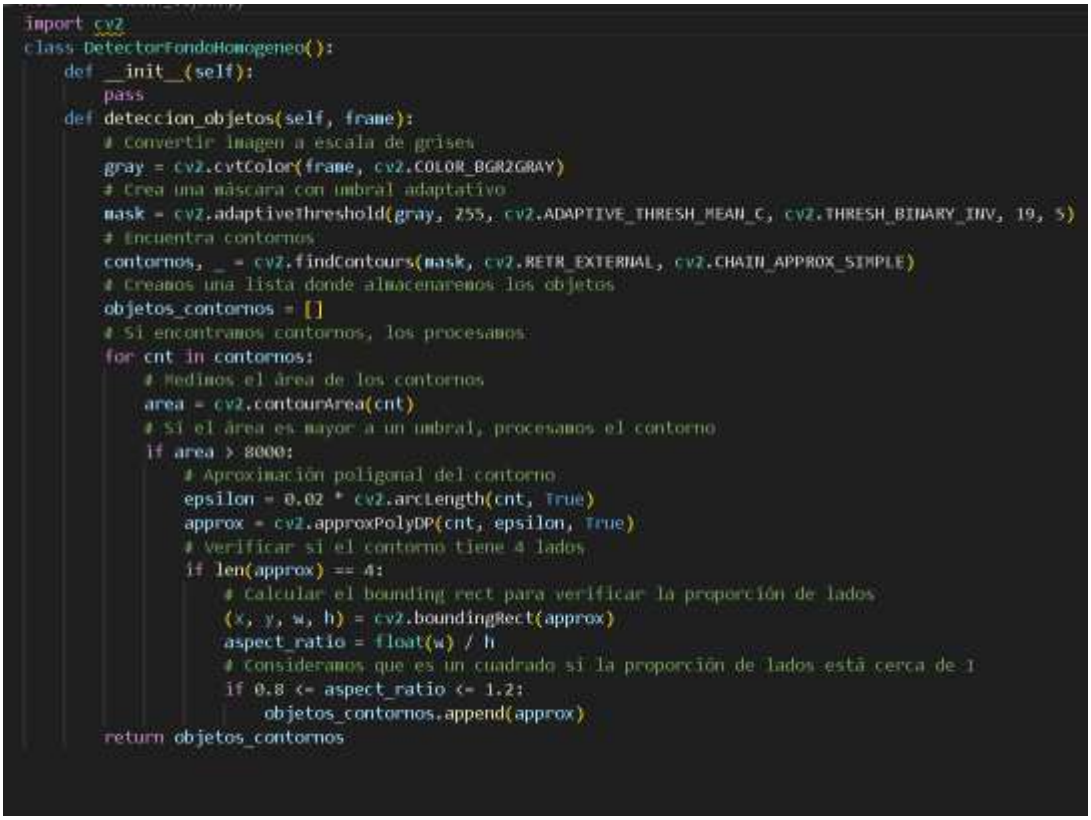


***Figura 8. DIAGRAMA DE FLUJO***



**Programa en Phyton con la librería OpenCV**



```
import cv2
class DetectorFondoHomogeneo():
    def __init__(self):
        pass
    def deteccion_objetos(self, frame):
        # Convertir imagen a escala de grises
        gray = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
        # Crea una máscara con umbral adaptativo
        mask = cv2.adaptiveThreshold(gray, 255, cv2.ADAPTIVE_THRESH_MEAN_C, cv2.THRESH_BINARY_INV, 19, 5)
        # Encuentra contornos
        contornos, _ = cv2.findContours(mask, cv2.RETR_EXTERNAL, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)
        # Creamos una lista donde almacenaremos los objetos
        objetos_contornos = []
        # Si encontramos contornos, los procesamos
        for cnt in contornos:
            # Medimos el área de los contornos
            area = cv2.contourArea(cnt)
            # Si el área es mayor a un umbral, procesamos el contorno
            if area > 8000:
                # Aproximación poligonal del contorno
                epsilon = 0.02 * cv2.arcLength(cnt, True)
                approx = cv2.approxPolyDP(cnt, epsilon, True)
                # Verificar si el contorno tiene 4 lados
                if len(approx) == 4:
                    # Calcular el bounding rect para verificar la proporción de lados
                    (x, y, w, h) = cv2.boundingRect(approx)
                    aspect_ratio = float(w) / h
                    # Consideramos que es un cuadrado si la proporción de lados está cerca de 1
                    if 0.8 <= aspect_ratio <= 1.2:
                        objetos_contornos.append(approx)
        return objetos_contornos
```

```
import cv2
import numpy as np
import cv2.aruco as aruco
from Detector_Objecto import *

# Cargar el diccionario de ArUco (por ejemplo, DICT_6X6_250)
aruco_dict = aruco.getPredefinedDictionary(aruco.DICT_7X7_1000)
parameters = aruco.DetectorParameters()


# Cargar la imagen o video
cap = cv2.VideoCapture(2) # Usa 0 para la cámara web
# Obtener la resolución máxima soportada
max_width = int(cap.get(cv2.CAP_PROP_FRAME_WIDTH))
```

```
max_height = int(cap.get(cv2.CAP_PROP_FRAME_HEIGHT))

print(f"Resolución máxima soportada: {max_width}x{max_height}")

# Establecer la resolución máxima
cap.set(cv2.CAP_PROP_FRAME_WIDTH, max_width * 2)
cap.set(cv2.CAP_PROP_FRAME_HEIGHT, max_height * 2)

# Crear un objeto ArucoDetector
aruco_detector = aruco.ArucoDetector(aruco_dict, parameters)
detector = DetectorFondoHomogeneo()

while True:
ret, frame = cap.read()
if not ret:
break

# Detectar los marcadores en la imagen
corners, ids, rejectedImgPoints = aruco_detector.detectMarkers(frame)
corners_int = np.intp(corners)
perimetro_aruco = 0

if ids is not None:
cv2.polylines(frame, corners_int, True, (0, 0, 255), 3)
perimetro_aruco = cv2.arcLength(corners_int[0], True)

proporcion_cm = perimetro_aruco / 38
print(proporcion_cm)

contornos = detector.deteccion_objetos(frame)
for cont in contornos:
rectangulo = cv2.minAreaRect(cont)
```

```
(x, y), (an, al), angulo = rectangulo
ancho = 0
alto = 0
if proporcion_cm != 0:
ancho = an / proporcion_cm
alto = al / proporcion_cm

cv2.circle(frame, (int(x), int(y)), 3, (255, 255, 0), -1)
rect = cv2.boxPoints(rectangulo)
rec = np.int32(rect)

cv2.polylines(frame, [rec], True, (0, 255, 0), 2)
# Mostrar la info en píxeles con dos decimales de precisión
cv2.putText(frame, "Ancho: {:.2f} cm".format(round(ancho, 2)), (int(x), int(y- 15)),
cv2.LINE_AA, 0.8, (150, 0, 255), 2)
cv2.putText(frame, "Largo: {:.2f} cm".format(round(alto, 2)), (int(x), int(y+15)),
cv2.LINE_AA, 0.8, (75, 0, 75), 2)

# Mostrar la imagen con los marcadores
cv2.imshow('frame', frame)

# Presiona 'q' para salir
if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
break

# Liberar recursos
cap.release()
cv2.destroyAllWindows()
```

## PROCEDIMIENTO PARA LA CAPATURA DE DATOS DEL PORCELANATO

**Paso 1: Colocar el Marcador Digital**

**Aruco Marker**

En nuestro caso usamos el siguiente marcador:

**Figura 2: 7 cm. x 7 cm.**



***FOTO 1: Marcador digital con el porcelanato***




El marcador se coloca al costado del porcelanato en la base de la estructura de la captura de datos.

**Paso 2:** Se elige el porcelanato, el cual se colocará para la captura de datos Teniendo las siguientes consideraciones:

- No debe tener rajaduras
- Debe ser porcelanatos completos
- No debe faltarle ningún pedazo
- El color del porcelanato debe ser diferente al fondo del módulo de captura de datos, caso contrario se perderá al momento de determinar los bordes del porcelanato.

***Foto 2: Eligiendo el porcelanato***



**Foto 3:** revisando el porcelanato que no tenga grietas, rajaduras y que no le falte ningún pedazo.



**Paso 3:** Instalación del porcelanato para la captura de datos

- Colocar el porcelanato en la base del módulo de captura de datos
- Debe estar en lo posible al centro de la base
- El marcado digital Aruco, debe estar al costado del porcelanato.

**Foto 4:** Colocación del porcelanato en el módulo de captura de datos



**Paso 4:** instalación de la cámara digital para la captura de datos

- La cámara, debe estar instalada en la parte central, del lado superior del módulo de captura de datos.
- El lente de la capara debe estar limpia
- El flas de la cámara debe estar activada, de ser necesario se puede instalar y calibrar un flash adicional

**Foto 5:** Instalación de la cámara digital

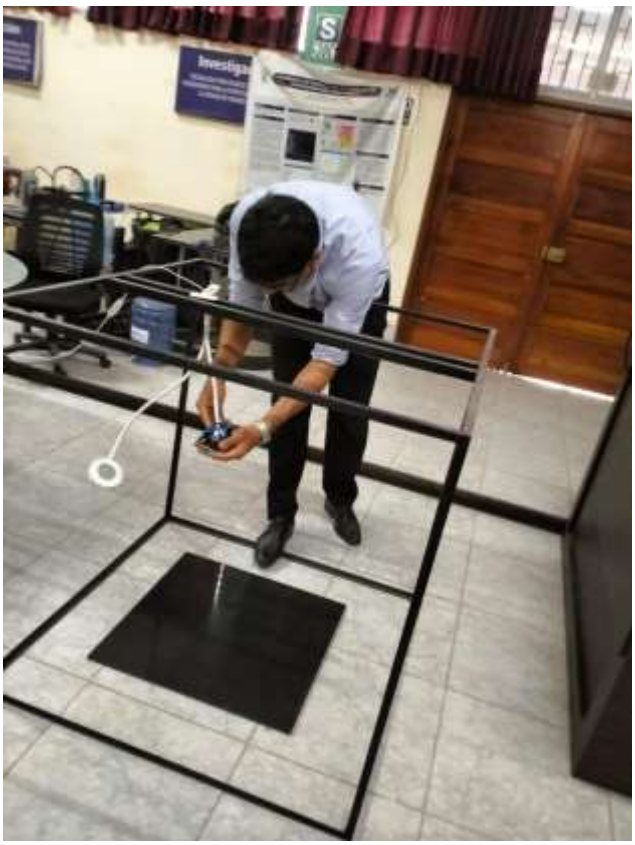


**Foto 6:** Instalación y calibración del flas



**Paso 5:** Captura de datos

- Dentro de la base del módulo de captura de datos no debe haber objetos extraños,
- La captura de datos se hace por unidad, es decir, porcelanato por porcelanato
- Se debe tener en cuenta buena iluminación y diferencia de contraste entre el fondo del módulo de captura de datos y el porcelanato

**Foto 7:** Módulo listo para la captura de datos



## Pruebas en Ambiente Controlado

*Figura 9: Captura de parámetros de un porcelanato*

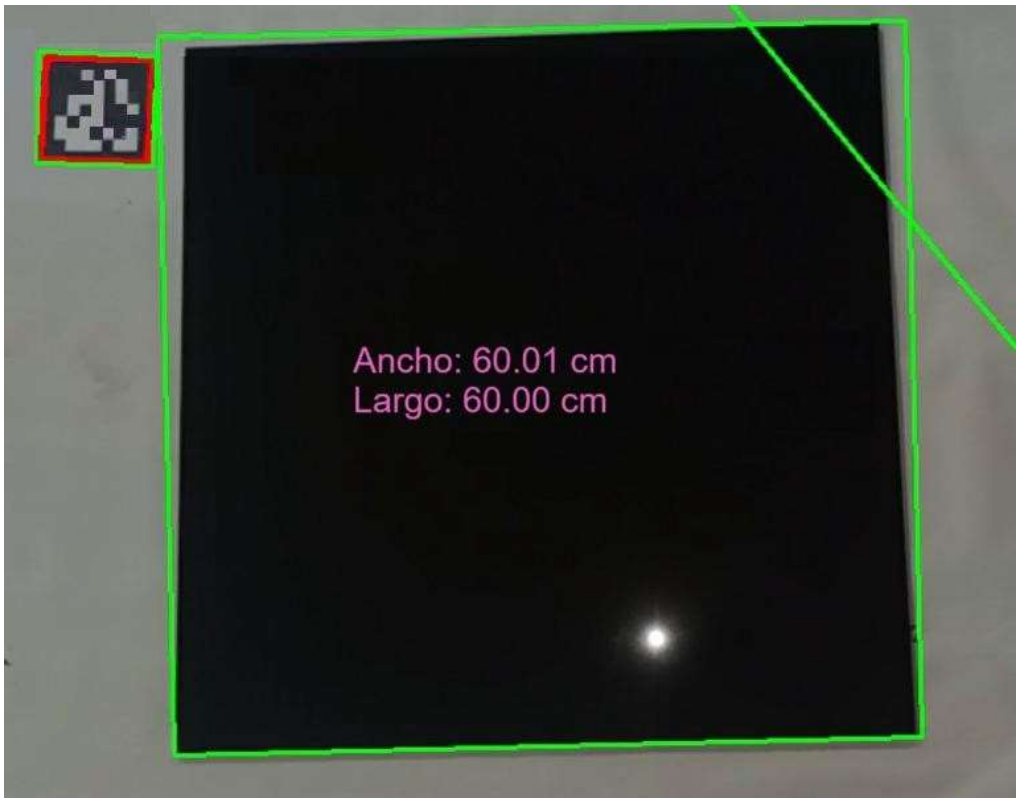


*Tabla 2. Captura de datos Lote 1*

| LOTE | FECHA |
|---|---|
| 1 | 12/04/2024 |

| MEDIDAS | | | | | | | | | NIVEL | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ANCHO | LARGO A | LARGO B | LARGO C | LARGO B | ESPESOR A | ESPESOR B | ESPESOR C | ESPESOR D | CONCAVA | CONVEXA |
| 1 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 2 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 3 | 60.01 | 60.00 | 60.01 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 4 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 5 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 6 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 7 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 8 | 60.00 | 60.01 | 60.00 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 9 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 10 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 11 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.82 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.01 | - |
| 12 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 13 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.00 | 0.80 | 0.83 | 0.80 | 0.80 | 0.01 | - |
| 14 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 15 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 16 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 17 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 18 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 19 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 20 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |

**Fuente:** Elaboración propia

***Figura 10. Medición del largo de porcelanatos del lote 1***

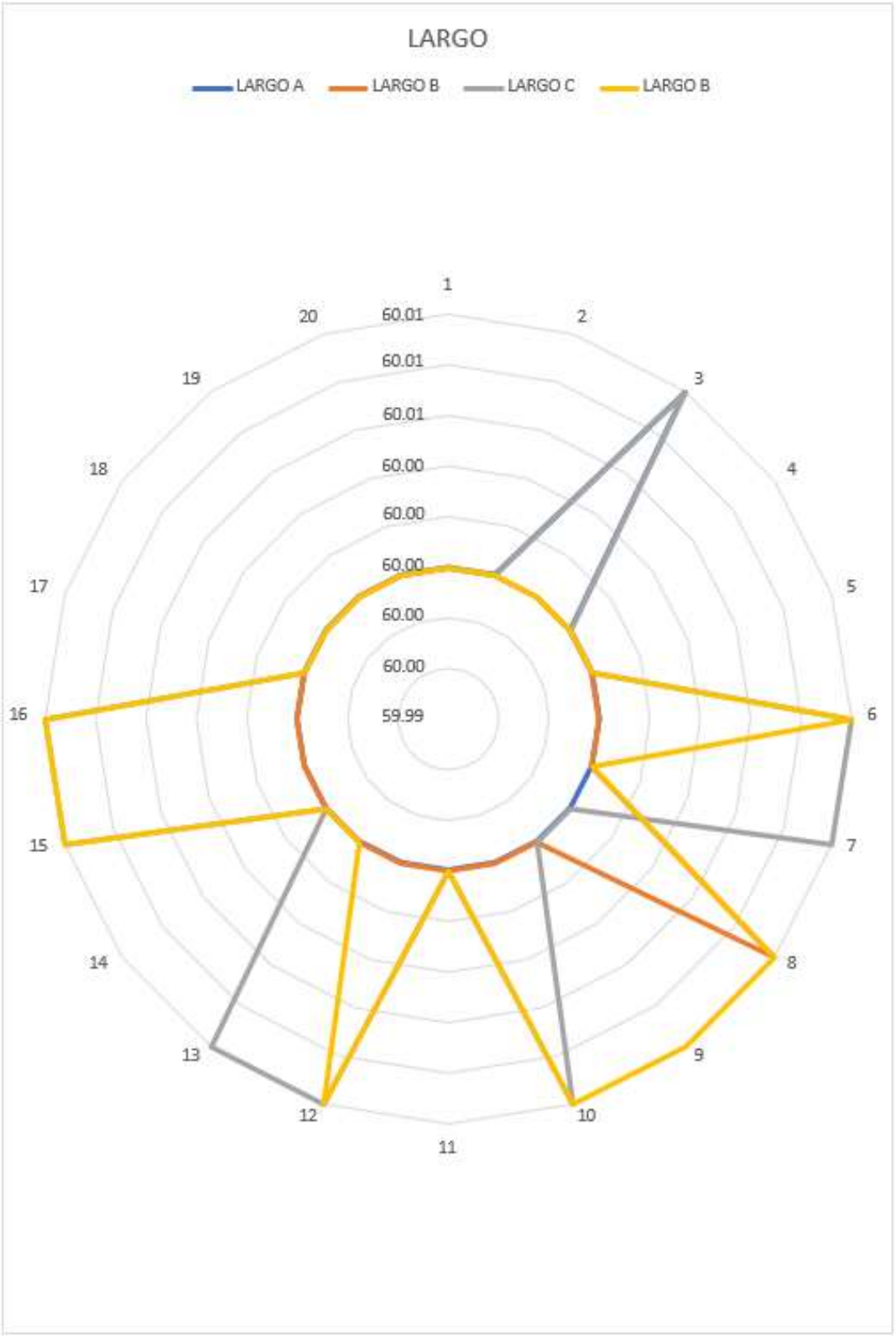


***Figura 11. Variación del espesor de porcelanatos del lote 1***

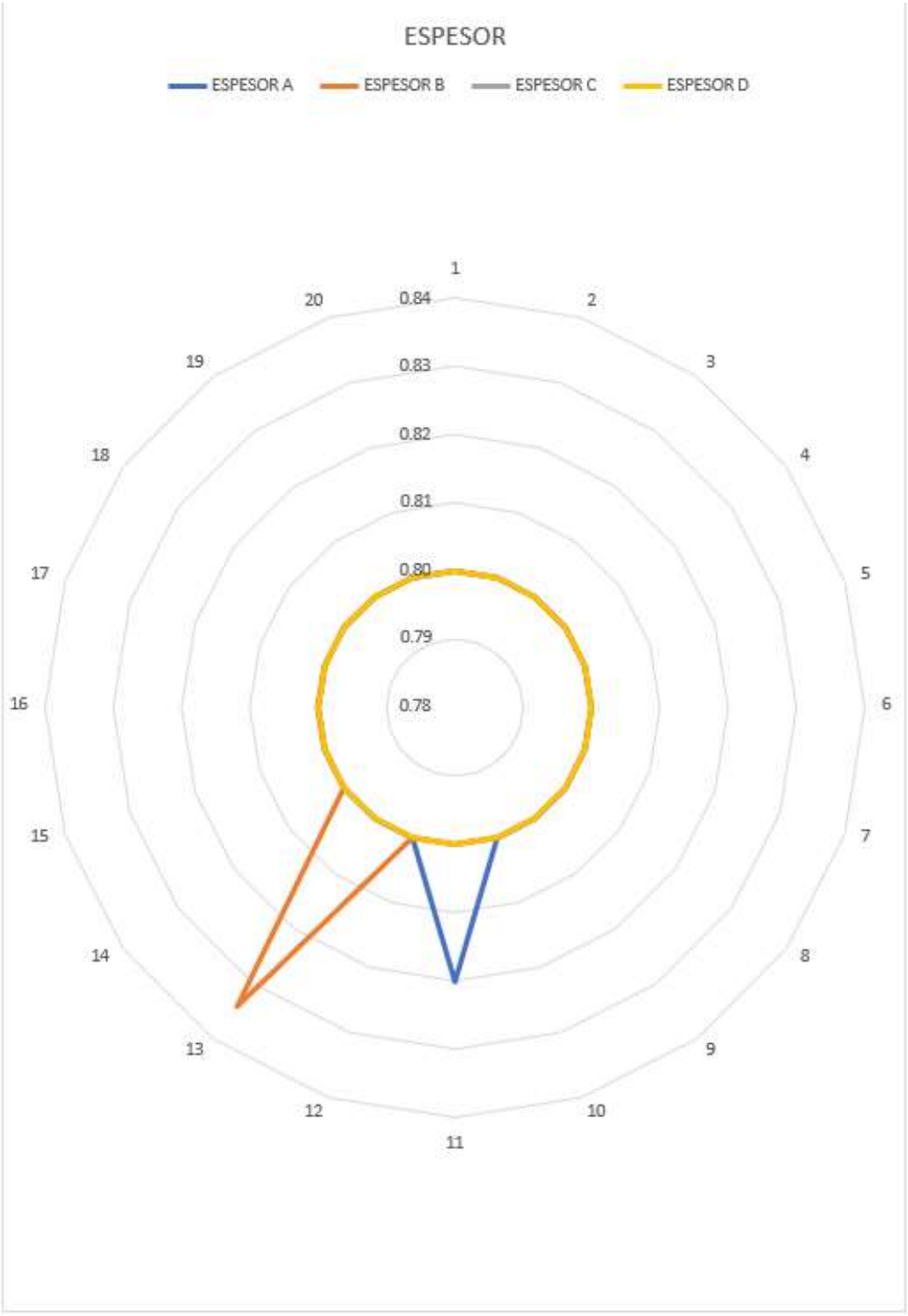
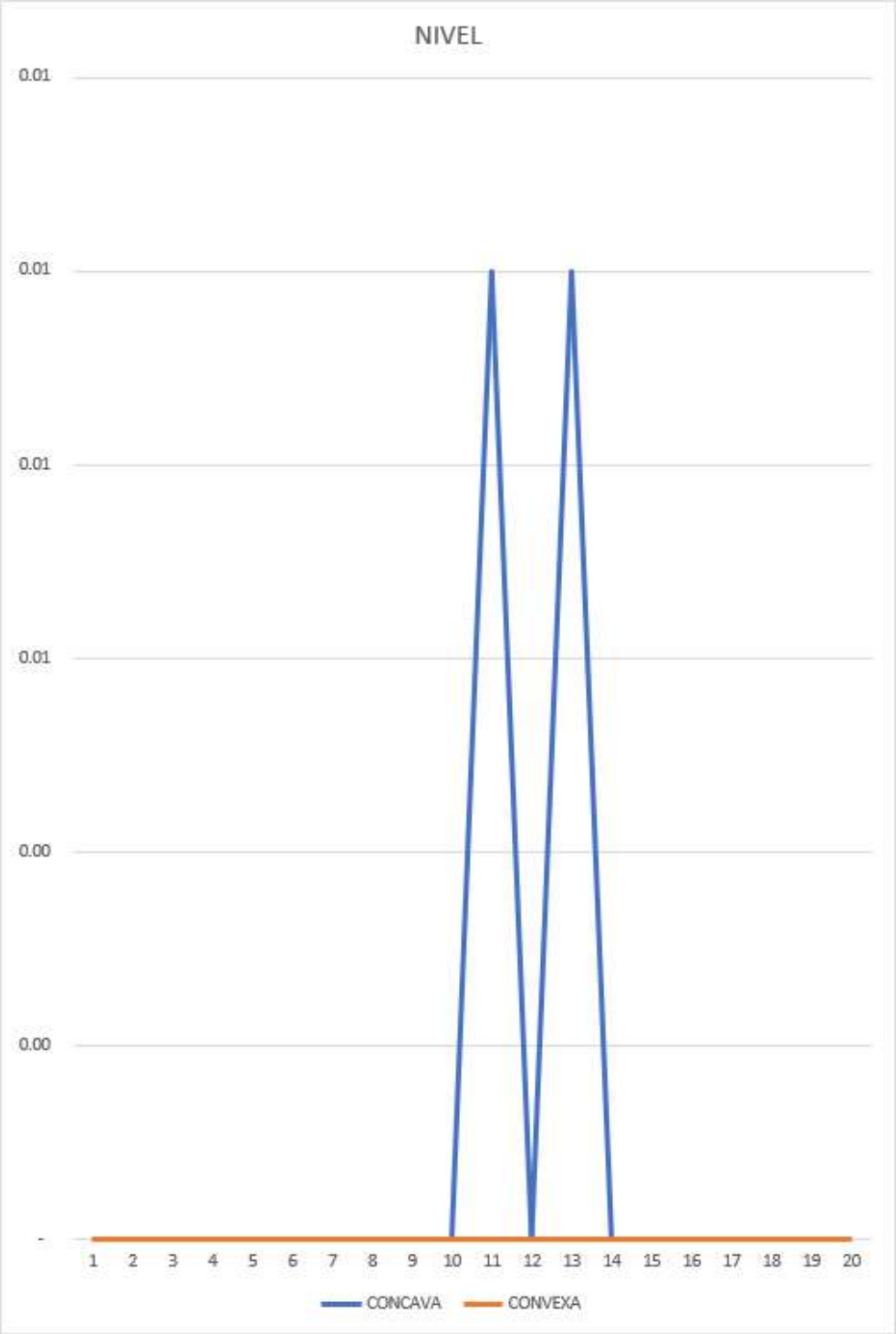


*Figura 12. Niveles del porcelanato del lote 1*




**Interpretación parcial**

En la toma de datos del primer lote de porcelanato se aprecia que existe una variación de 0.01 cm. En el caso del largo en los 4 lados, mientras que en el caso del espesor en dos porcelanatos hay una variación de 0.02 y 0.03 cm.

Los refleja que estos dos porcelanatos son cóncavos con 0.01 cm., en la parte media.

*Tabla 3. Captura de datos Lote 2*

| LOTE | FECHA |
|---|---|
| 2 | 17/01/2024 |

| | MEDIDAS | | | | | | | | NIVEL | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ANCHO | LARGO A | LARGO B | LARGO C | LARGO B | ESPESOR A | ESPESOR B | ESPESOR C | ESPESOR D | CONCAVA | CONVEXA |
| 1 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 2 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 3 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.00 | 0.80 | 0.82 | 0.80 | 0.80 | 0.01 | - |
| 4 | 60.01 | 60.00 | 60.01 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 5 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 6 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 7 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 8 | 60.01 | 60.00 | 60.01 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.81 | - | 0.01 |
| 9 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 10 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.82 | 0.02 | - |
| 11 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 12 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 13 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 14 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.81 | 0.02 | - |
| 15 | 60.01 | 60.00 | 60.01 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 16 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 17 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 18 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 19 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 20 | 60.01 | 60.00 | 60.01 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |

**Fuente:** Elaboración propia

***Figura 13. Medición del largo de porcelanatos del lote 2***

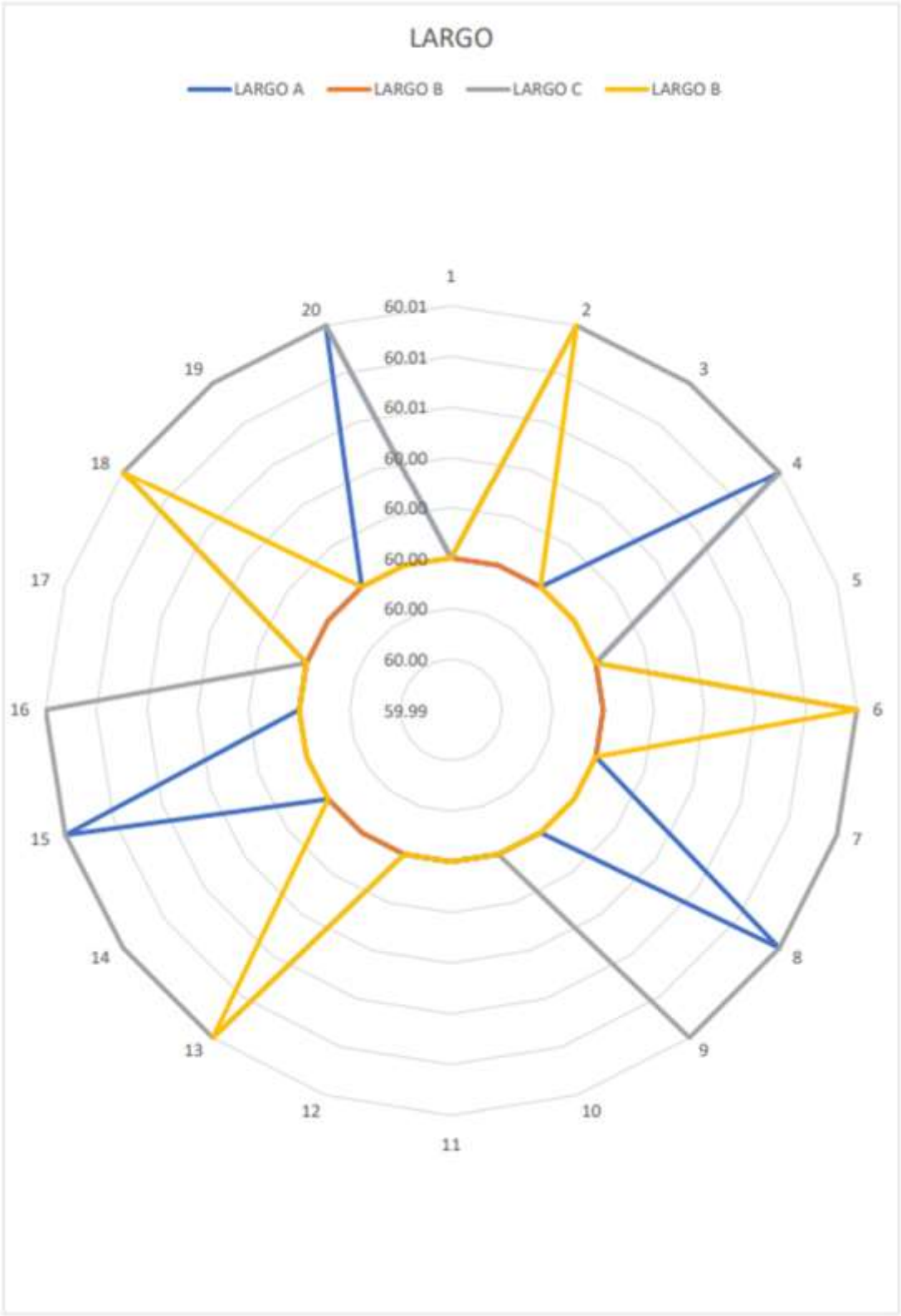


***Figura 14. Variación del espesor de porcelanatos del lote 2***

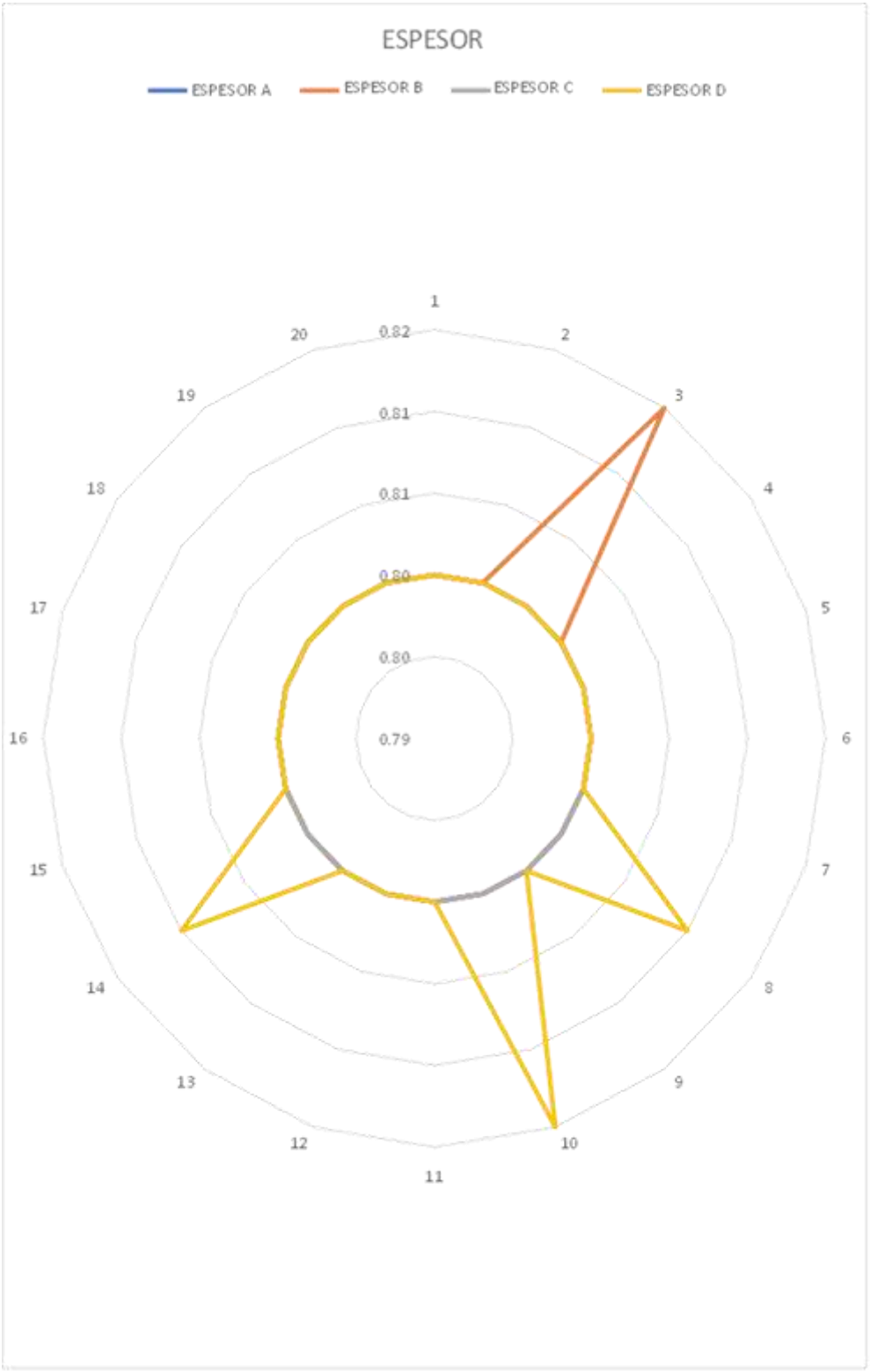
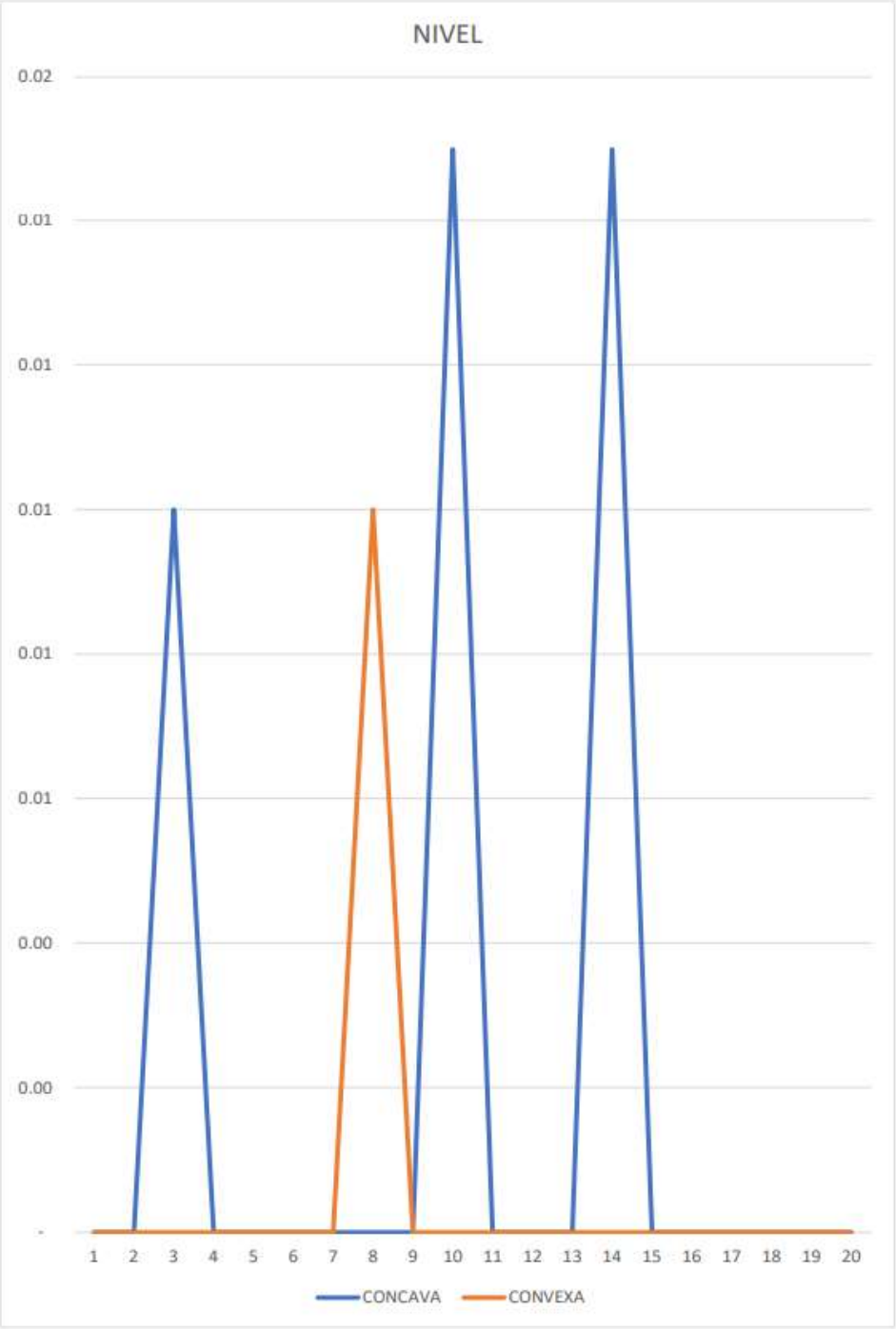


***Figura 15. Niveles del porcelanato del lote 2***




**Interpretación parcial**

En la toma de datos de este lote, se puede apreciar que se tiene mayor índice de diferencia de largura, pero la diferencia es 0.01 cm. En el caso de este lote se puede apreciar que en el caso del espesor hay una diferencia de 0.02 cm, así mismo en la parte más cóncava de se ve una diferencia de 0.02 cm en dos porcelanatos.

*Tabla 4. Captura de datos Lote 3*

| LOTE | FECHA |
|---|---|
| 3 | 20/02/2024 |

| MEDIDAS | | | | | | | | | NIVEL | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ANCHO | LARGO A | LARGO B | LARGO C | LARGO B | ESPESOR A | ESPESOR B | ESPESOR C | ESPESOR D | CONCAVA | CONVEXA |
| 1 | 60.01 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 2 | 60.01 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 3 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.81 | - | 0.02 |
| 4 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 5 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 6 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 7 | 60.01 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 0.81 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.01 | - |
| 8 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.81 | - | - |
| 9 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 10 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 11 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 12 | 60.01 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 13 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 14 | 60.01 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 15 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 16 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 17 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 18 | 60.01 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 0.82 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.02 | - |
| 19 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.81 | - | 0.01 |
| 20 | 60.01 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |

**Fuente:** Elaboración propia

***Figura 16. Medición del largo de porcelanatos del lote 3***

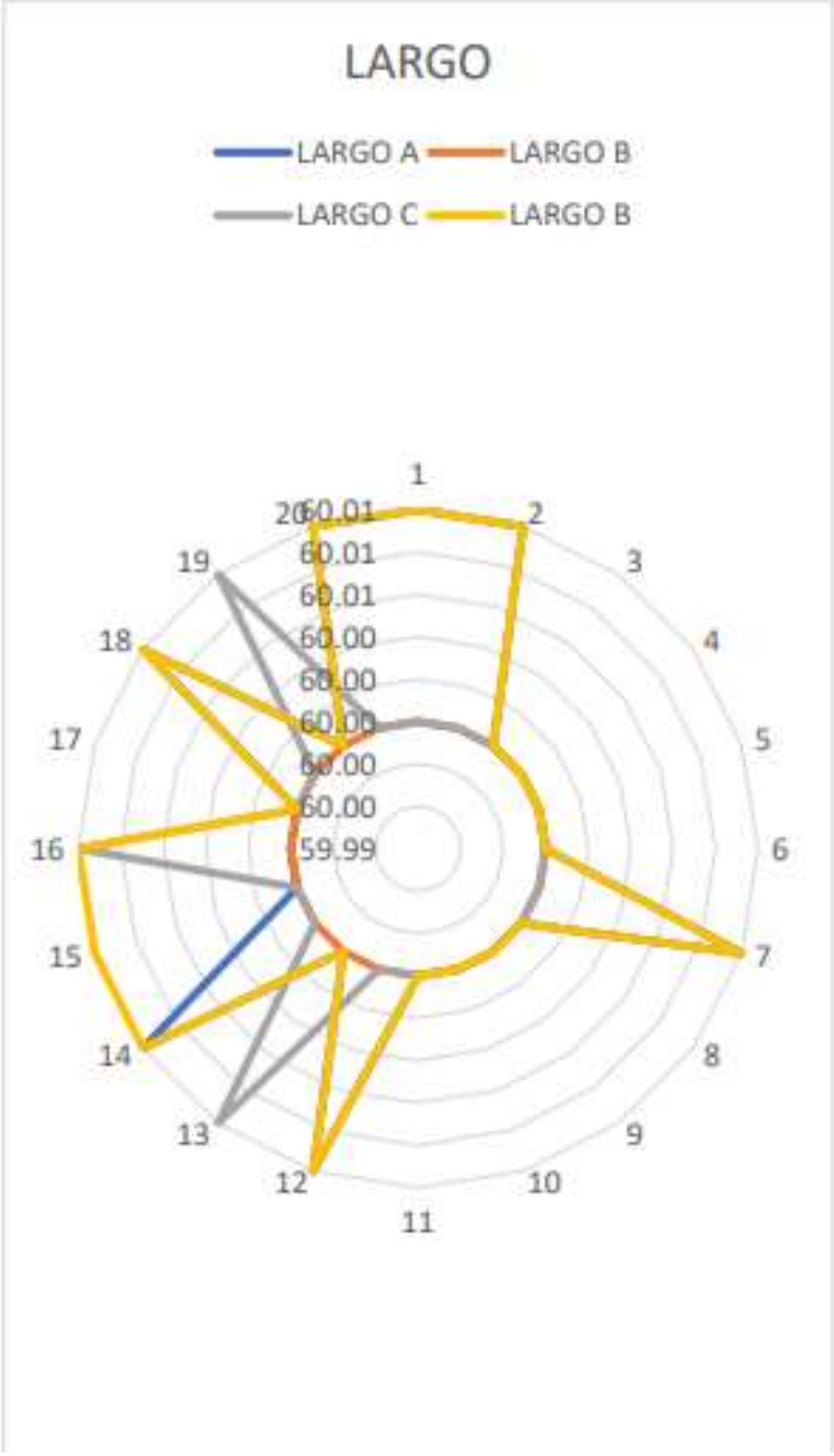


***Figura 17. Variación del espesor de porcelanatos del lote 3***

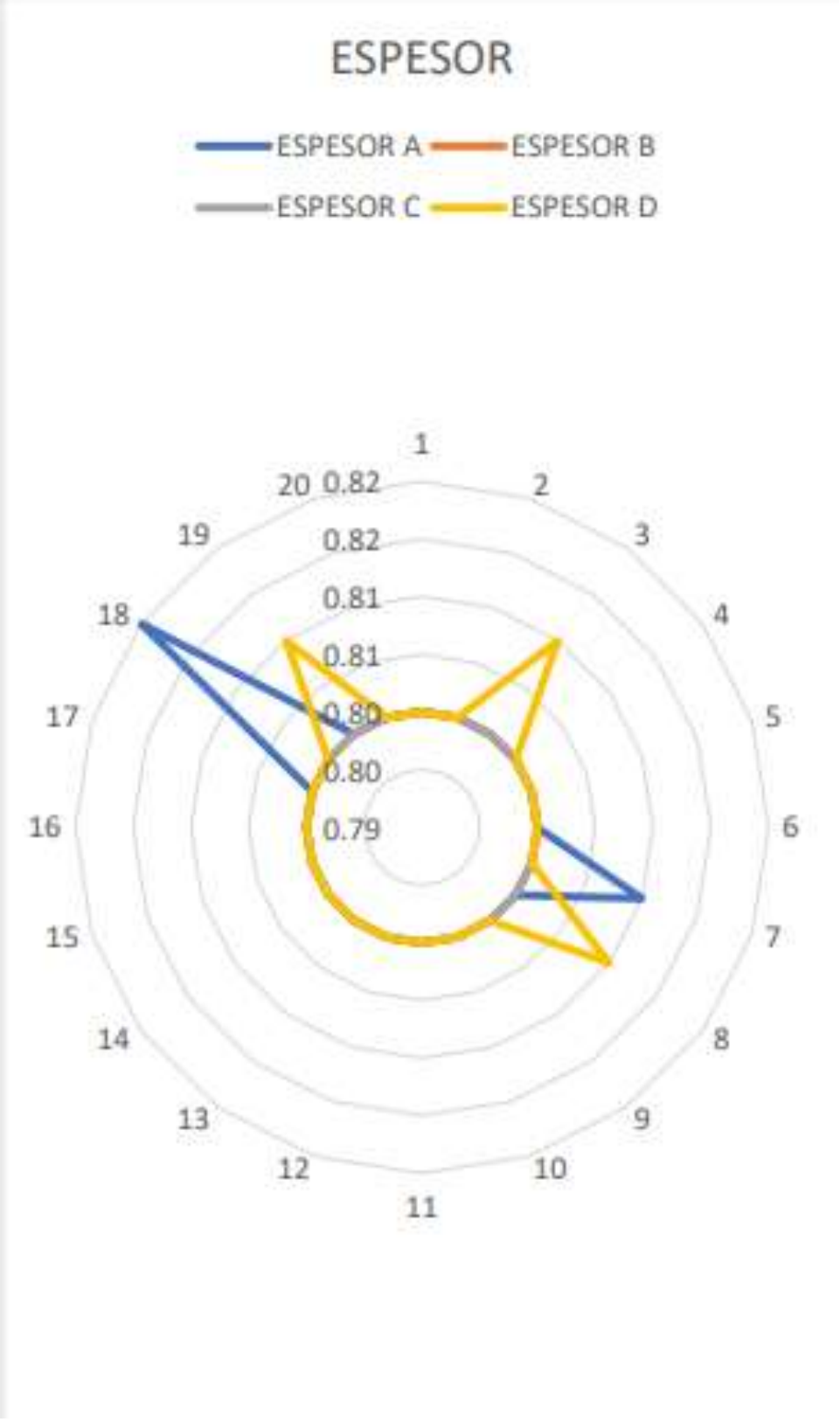
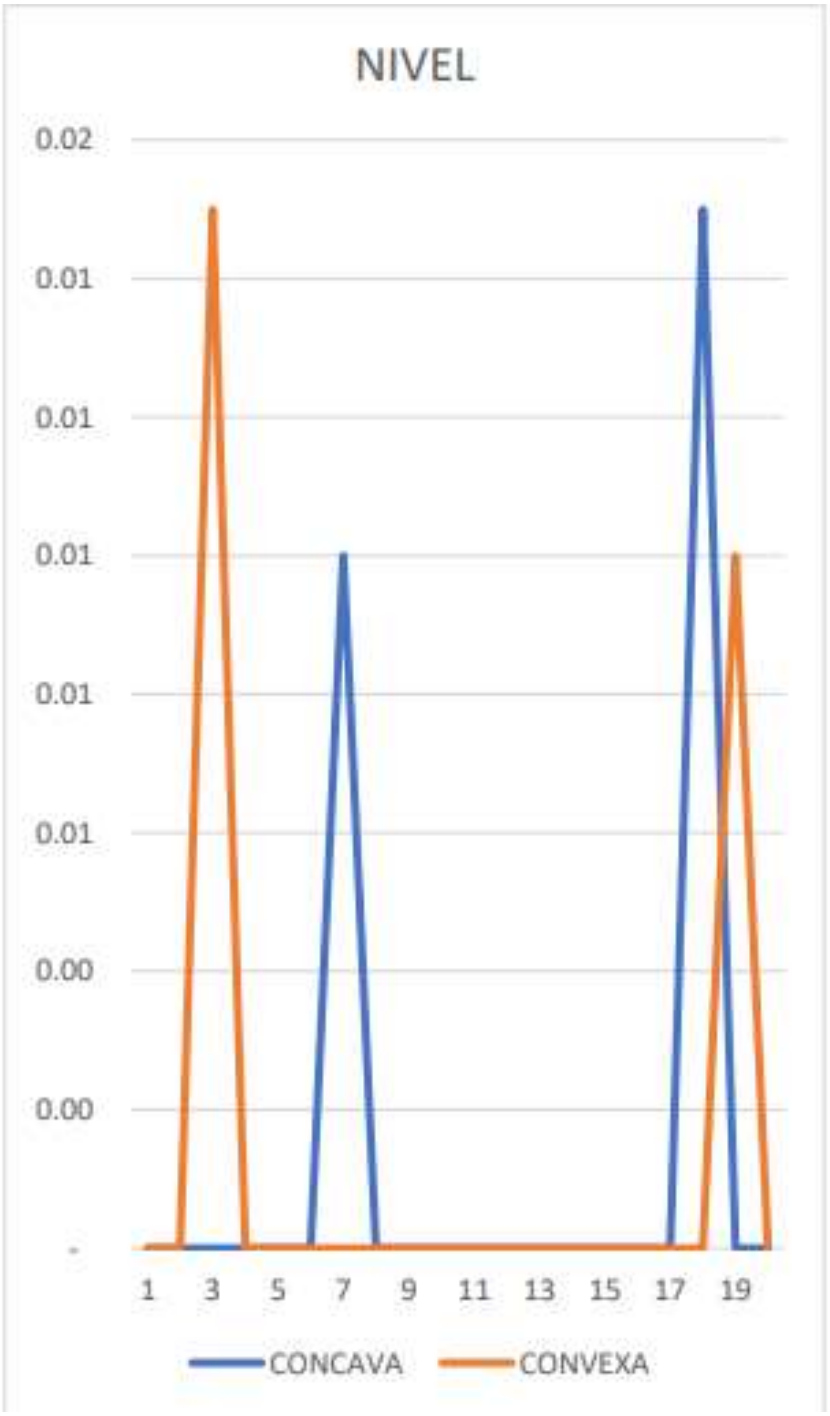


*Figura 18. Nivel de los porcelanatos del lote 3*




**Interpretación parcial**

En la toma de datos del lote 3, se ha podido determinar que la diferencia en el largo y el espesor en algunos porcelanatos se mantiene 0.01cm. mientras; mientras que, en el caso del nivel, se ha presentado en 4 porcelanatos dos cóncavas y dos convexas, con un error de 0.02 cm. En el lado más pronunciado.

*Tabla 5. Captura de datos Lote 4*

| LOTE | FECHA |
|---|---|
| 4 | 23/02/2024 |

| | MEDIDAS | | | | | | | | NIVEL | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ANCHO | LARGO A | LARGO B | LARGO C | LARGO B | ESPESOR A | ESPESOR B | ESPESOR C | ESPESOR D | CONCAVA | CONVEXA |
| 1 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 2 | 60.01 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 3 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 4 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.81 | 0.80 | 0.02 | - |
| 5 | 60.01 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 6 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 7 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 8 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.81 | - | - |
| 9 | 60.01 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 10 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 11 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 12 | 60.01 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 13 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 14 | 60.01 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.82 | 0.80 | 0.01 | - |
| 15 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 16 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 17 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 18 | 60.01 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 0.82 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 19 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.81 | - | - |
| 20 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |

**Fuente:** Elaboración propia

***Figura 19. Medición del largo de porcelanatos del lote 4***

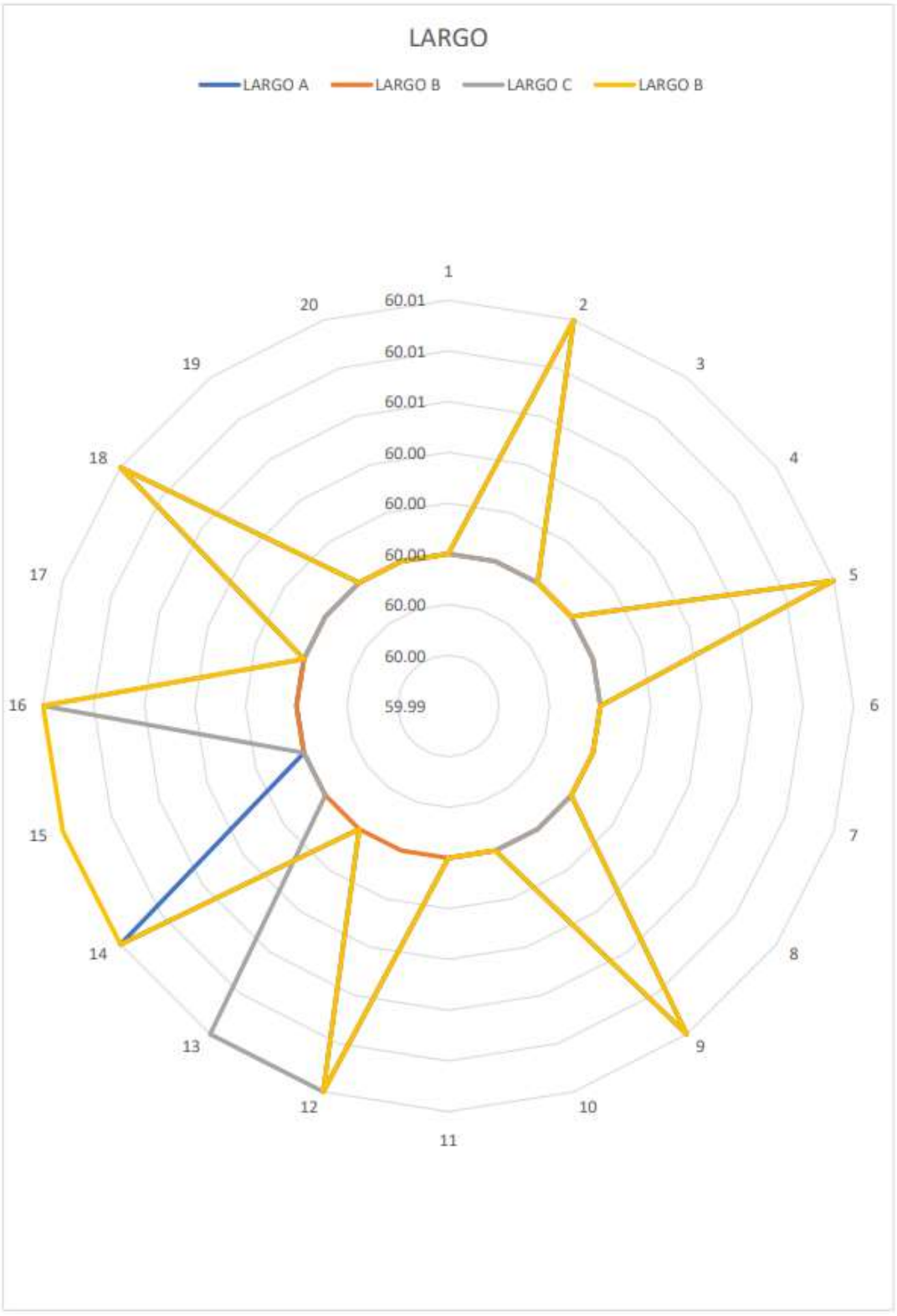


***Figura 20. Variación de espesor en porcelanatos del lote 4***

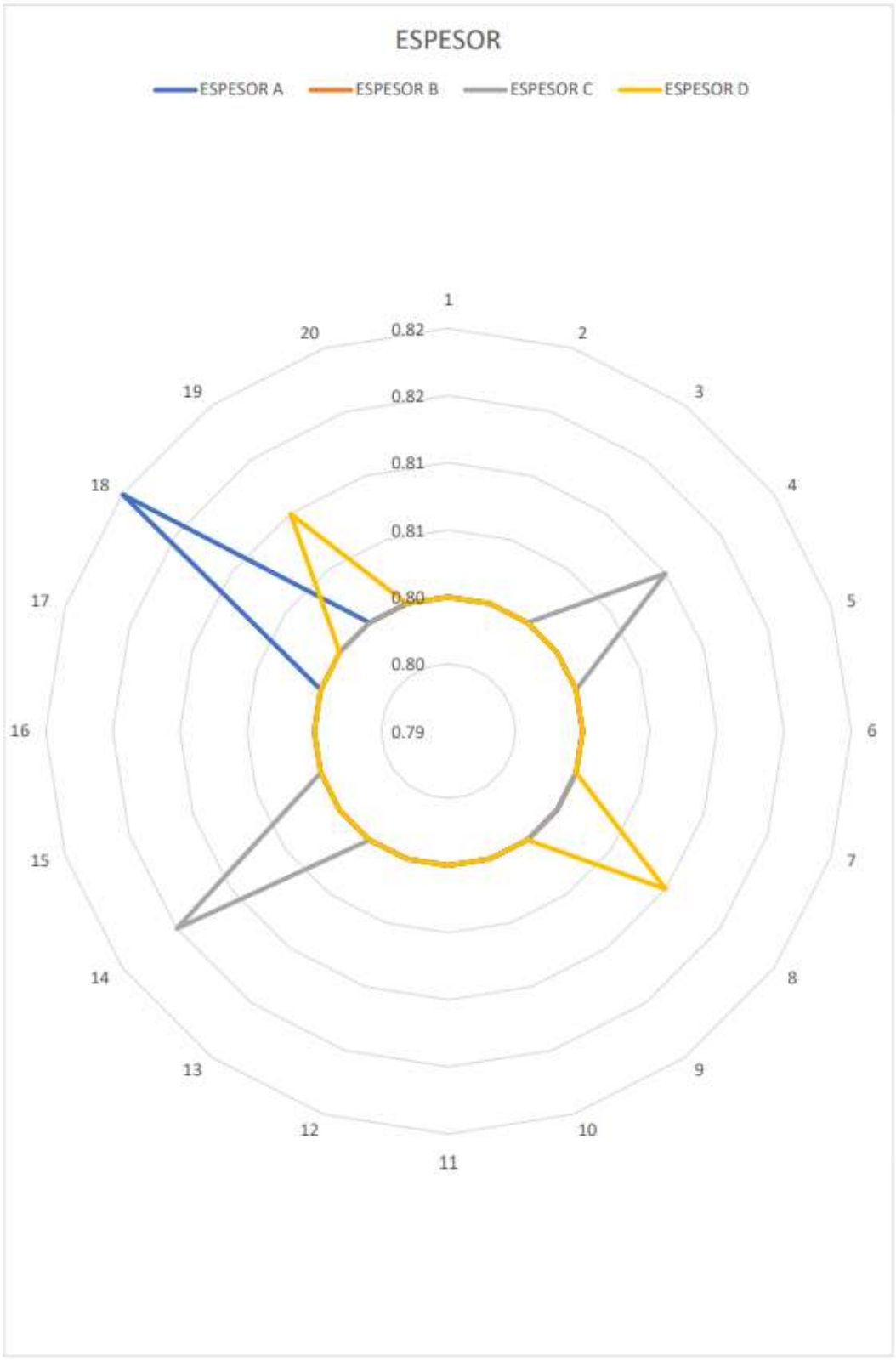
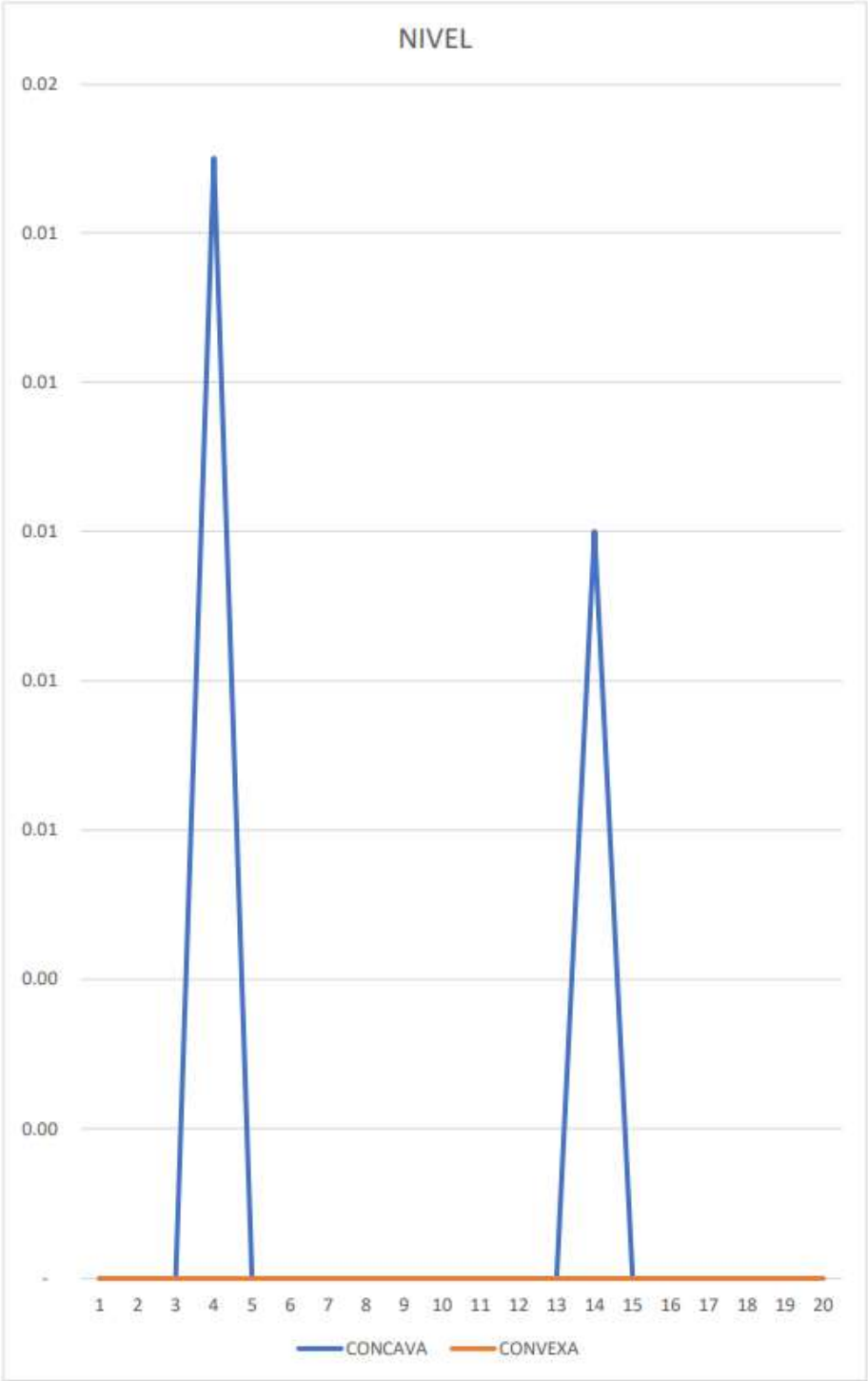


*Figura 21. Nivel de los porcelanatos del lote 4*




**Interpretación parcial**

En el caso del lote 04, se mantiene en el algún porcelanato la diferencia de tamaño en el largo de 0.01 cm, mientras que, en el espesor, la cantidad de porcelanatos con diferencia ha bajado notablemente; encontrándose solo dos porcelanatos cóncavos.

*Tabla 6. Captura de datos Lote 5*

| LOTE | FECHA |
|---|---|
| 5 | 10/03/2024 |

| MEDIDAS | | | | | | | | | NIVEL | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ANCHO | LARGO A | LARGO B | LARGO C | LARGO B | ESPESOR A | ESPESOR B | ESPESOR C | ESPESOR D | CONCAVA | CONVEXA |
| 1 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.82 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.01 | - |
| 2 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 3 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 4 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 5 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 6 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 7 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 8 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 9 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 10 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 11 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 12 | 60.01 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 13 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 14 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 15 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 16 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 17 | 60.01 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 18 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.82 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.01 | - |
| 19 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 20 | 60.01 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |

**Fuente:** Elaboración propia

***Figura 22. Medición del largo de porcelanatos del lote 5***

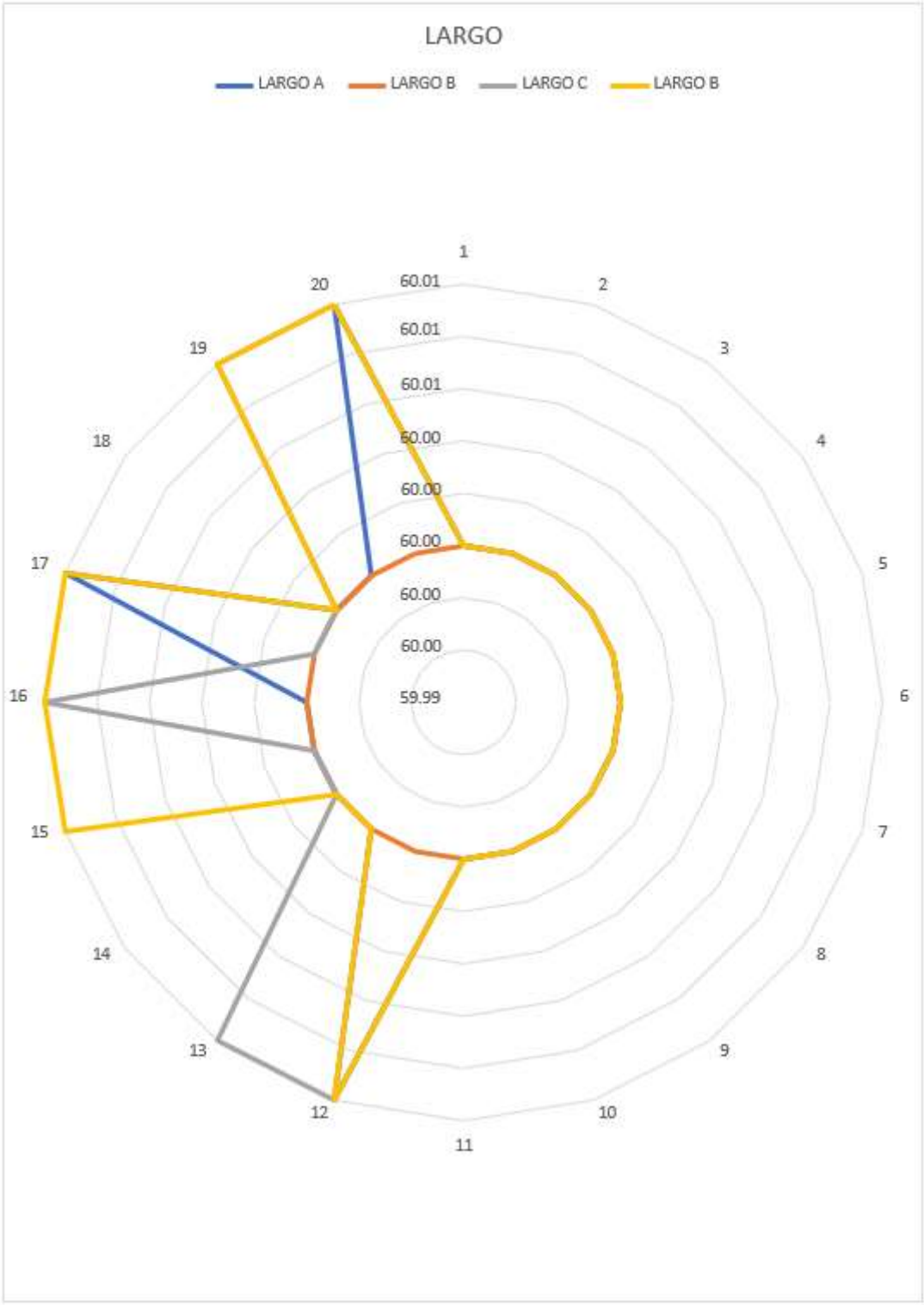


***Figura 23. Variación del espesor de porcelanatos del lote 5***

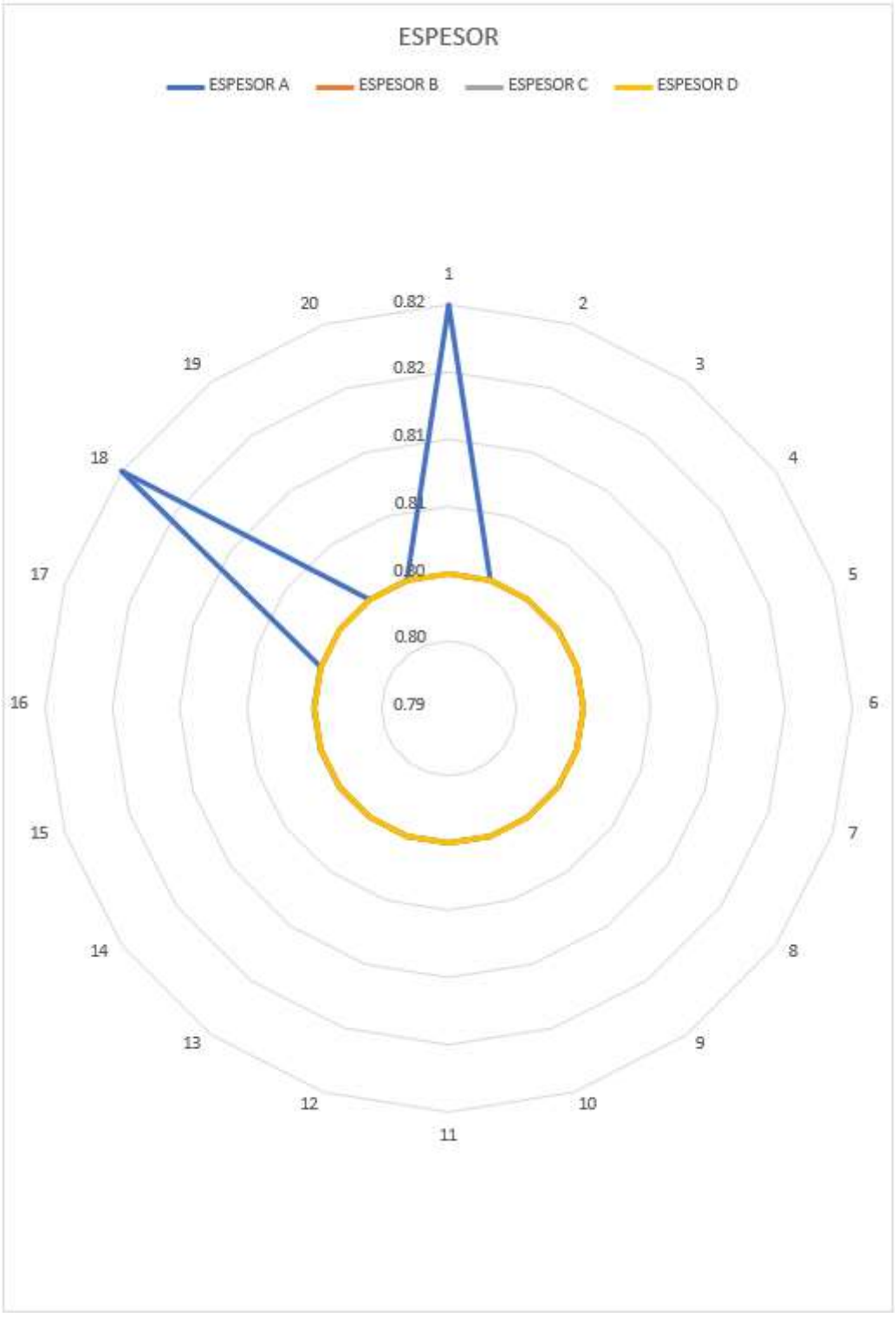
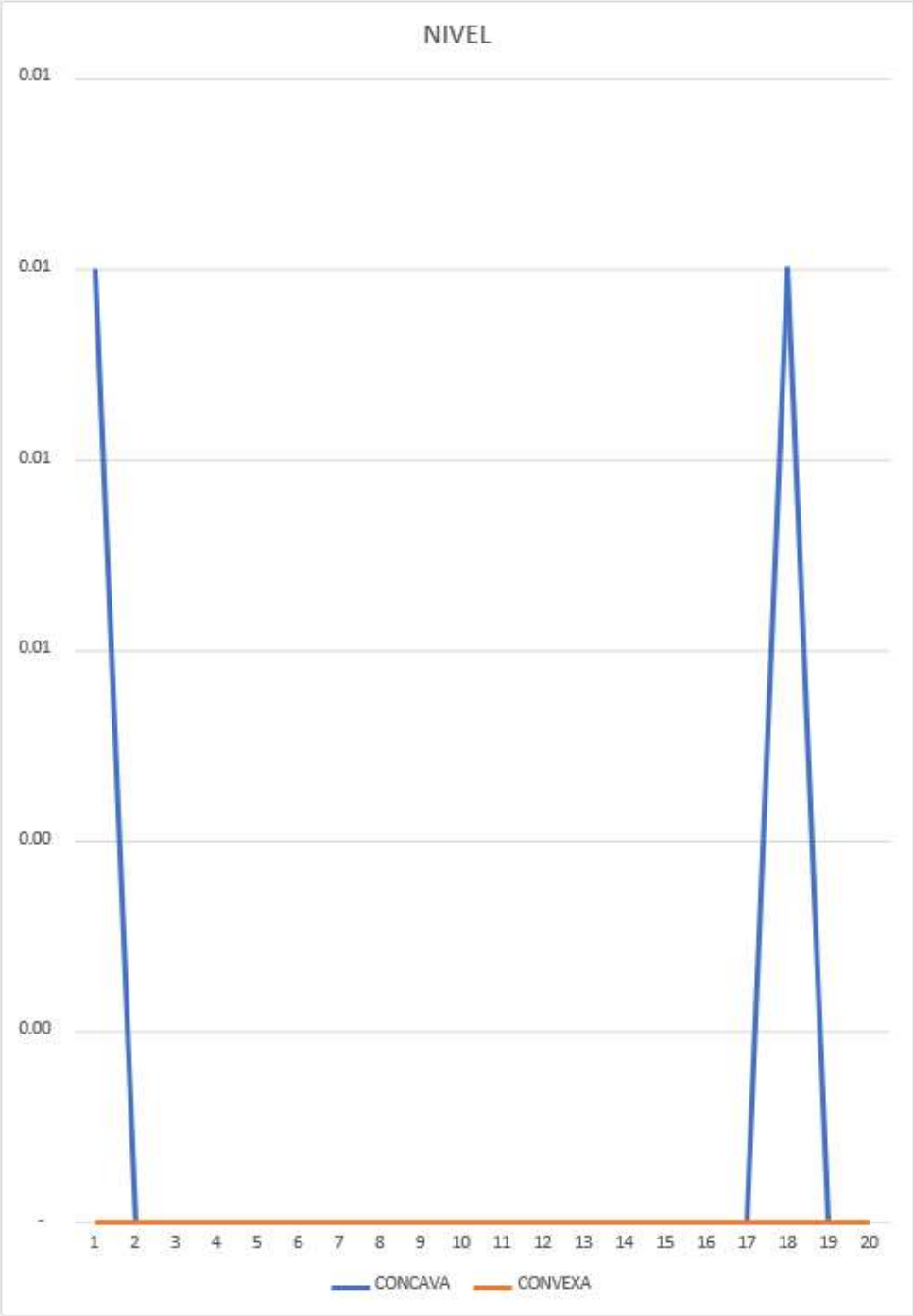


*Figura 24. Nivel de los porcelanatos del lote 5*




**Interpretación parcial**

Al finalizar la toma de datos del lote 5, e aprecia que son pocos los porcelanatos que tienen diferencia de tamaño en el largo, al igual en el espesor donde dos porcelanatos alcanzaron una diferencia de 0.02 cm., finalmente dos porcelanatos han tenido diferencia de nivel con 0.01cm. en la parte más pronunciada.

*Tabla 7. Captura de datos Lote 6*

| LOTE | FECHA |
|---|---|
| 6 | 13/03/2024 |

| | MEDIDAS | | | | | | | | NIVEL | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ANCHO | LARGO A | LARGO B | LARGO C | LARGO B | ESPESOR A | ESPESOR B | ESPESOR C | ESPESOR D | CONCAVA | CONVEXA |
| 1 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 2 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 3 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 4 | 60.01 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 5 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 6 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 7 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 8 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 9 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 10 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 11 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 12 | 60.01 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 13 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 14 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.82 | - | 0.01 |
| 15 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 16 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 17 | 60.01 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 18 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 19 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 20 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |

**Fuente:** Elaboración propia

***Figura 25. Medición del largo de porcelanatos del lote 6***

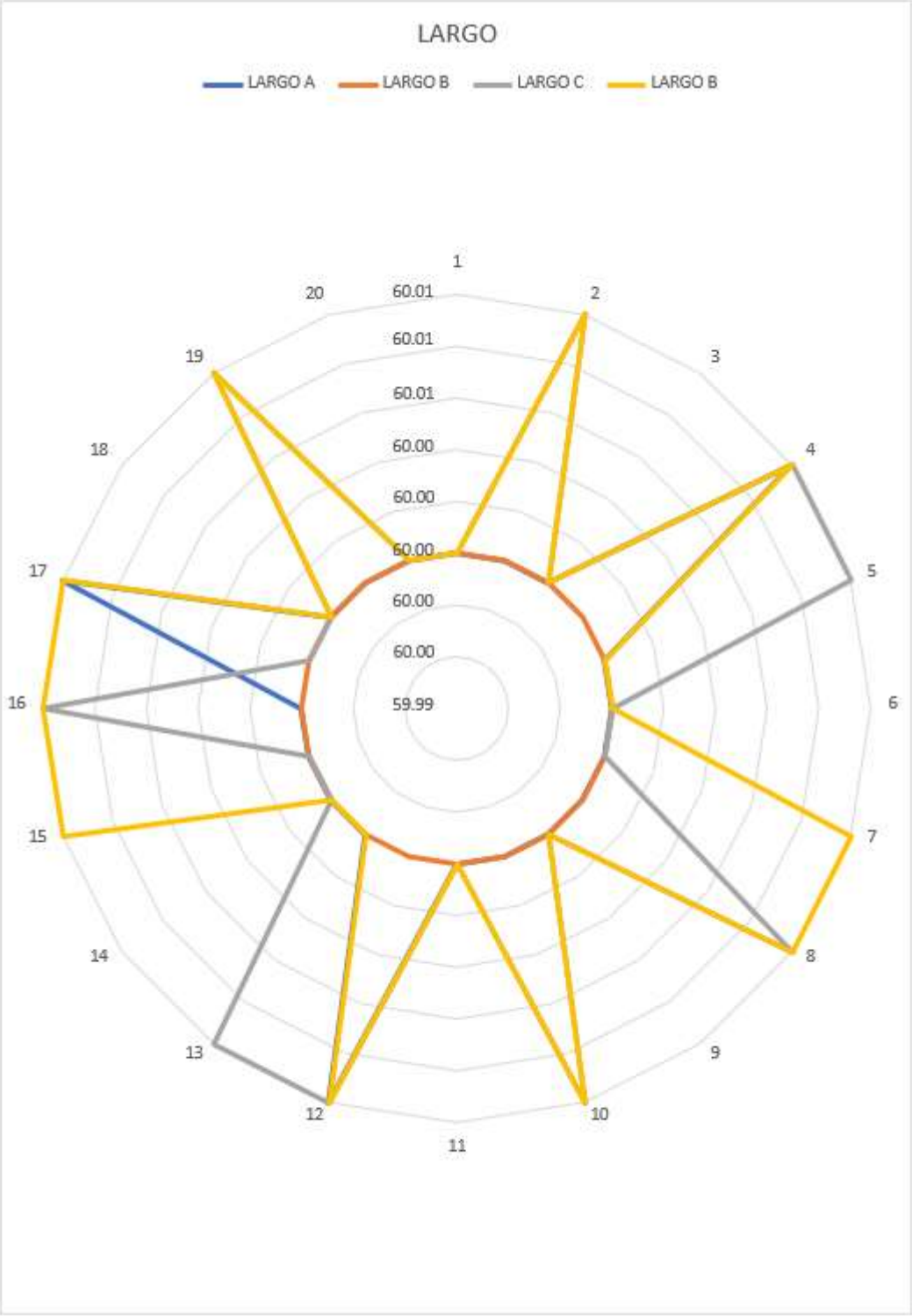


***Figura 26. Variación del espesor de porcelanatos del lote 6***

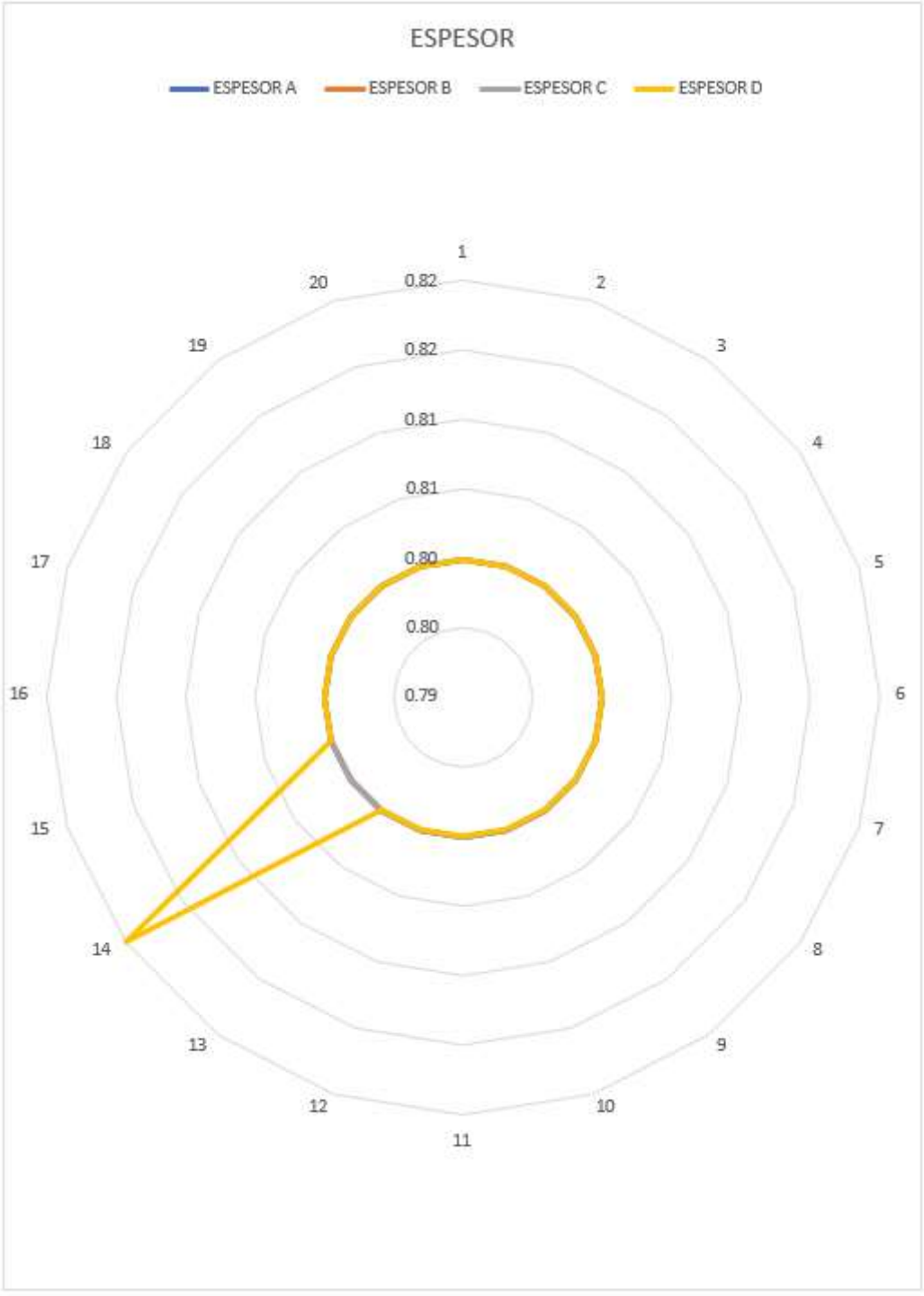
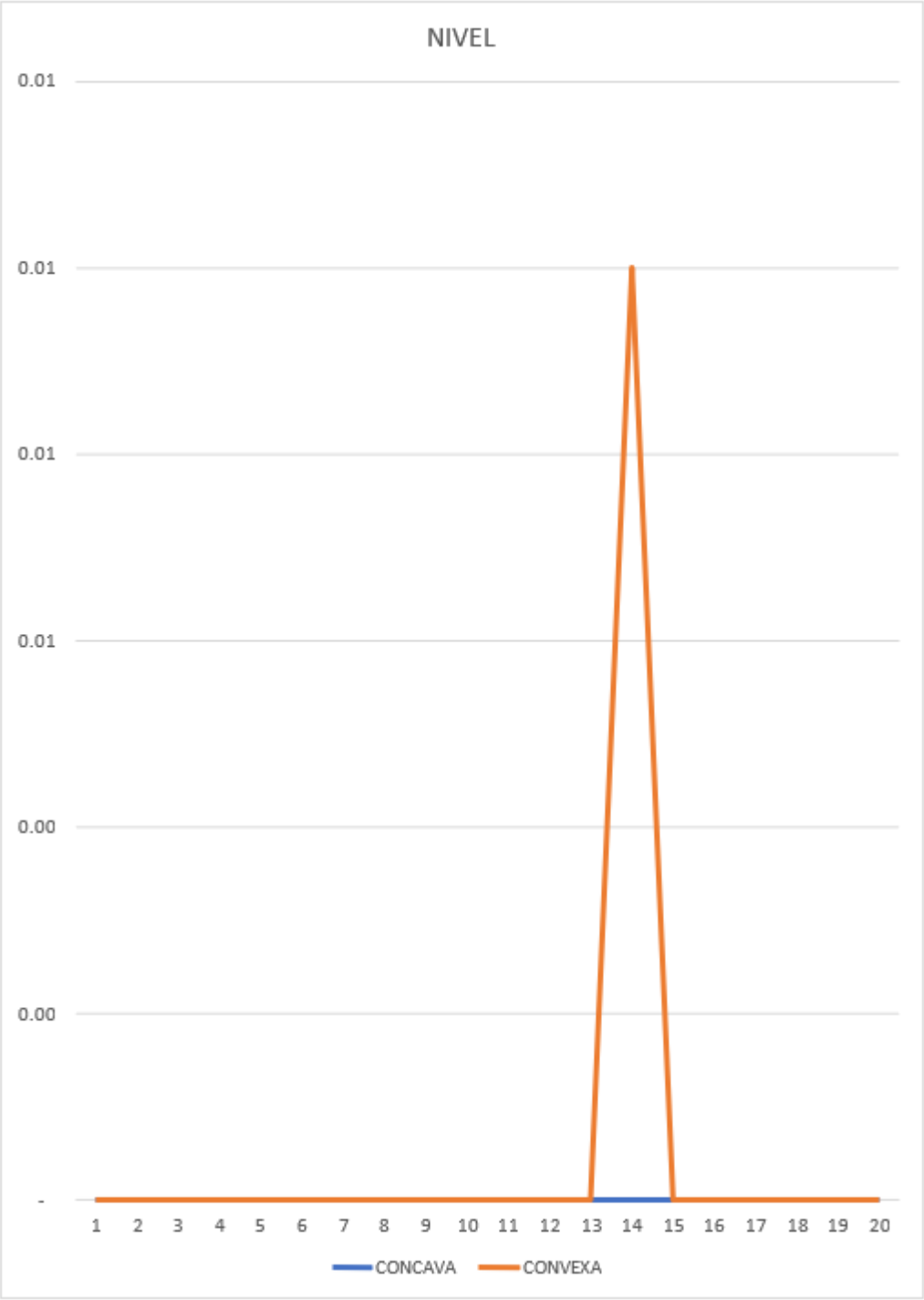


*Figura 27. Niveles del porcelanato del lote 6*




**Interpretación parcial**

En este lote son pocos los porcelanatos que tiene diferencia de tamaño en el largo, en el caso del espesor solo un porcelanato ha tenido una diferencia de 0.02 cm. y es este mismo porcelanato que presenta un problema de nivel convexa con un valor de 0.01 cm.

*Tabla 8. Captura de datos Lote 7*

| LOTE | FECHA |
|---|---|
| 7 | 15/03/2024 |

| | MEDIDAS | | | | | | | | NIVEL | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ANCHO | LARGO A | LARGO B | LARGO C | LARGO B | ESPESOR A | ESPESOR B | ESPESOR C | ESPESOR D | CONCAVA | CONVEXA |
| 1 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 2 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 3 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.82 | - | 0.01 |
| 4 | 60.01 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 5 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 6 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 7 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.82 | - | 0.01 |
| 8 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 9 | 60.01 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 10 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 11 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 12 | 60.01 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 13 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 14 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.82 | - | 0.01 |
| 15 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 16 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 17 | 60.01 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 18 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 19 | 60.01 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 20 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |

**Fuente:** Elaboración propia

***Figura 28. Medición del largo de porcelanatos del lote 7***

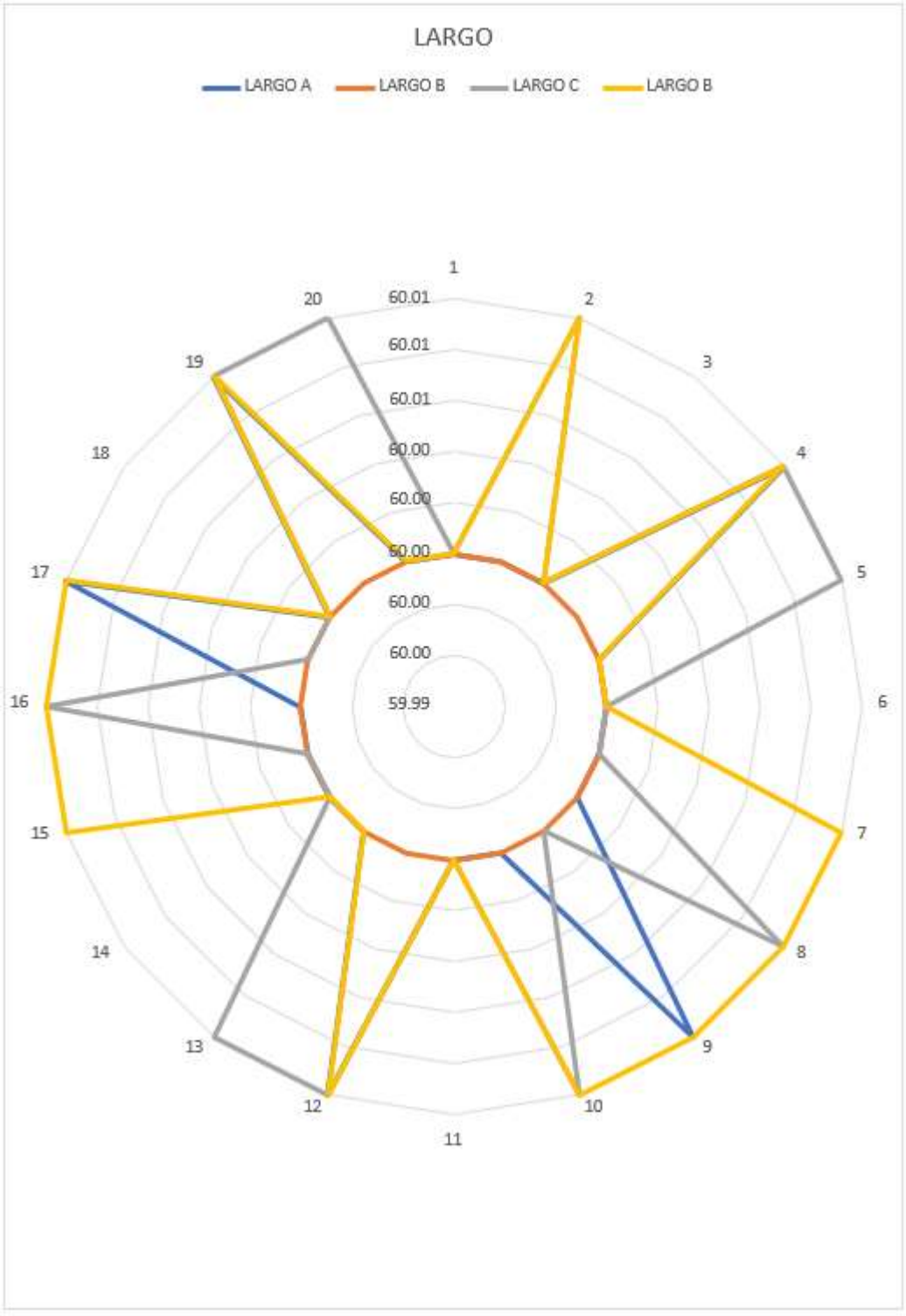


***Figura 29. Variación del espesor de porcelanatos del lote 7***

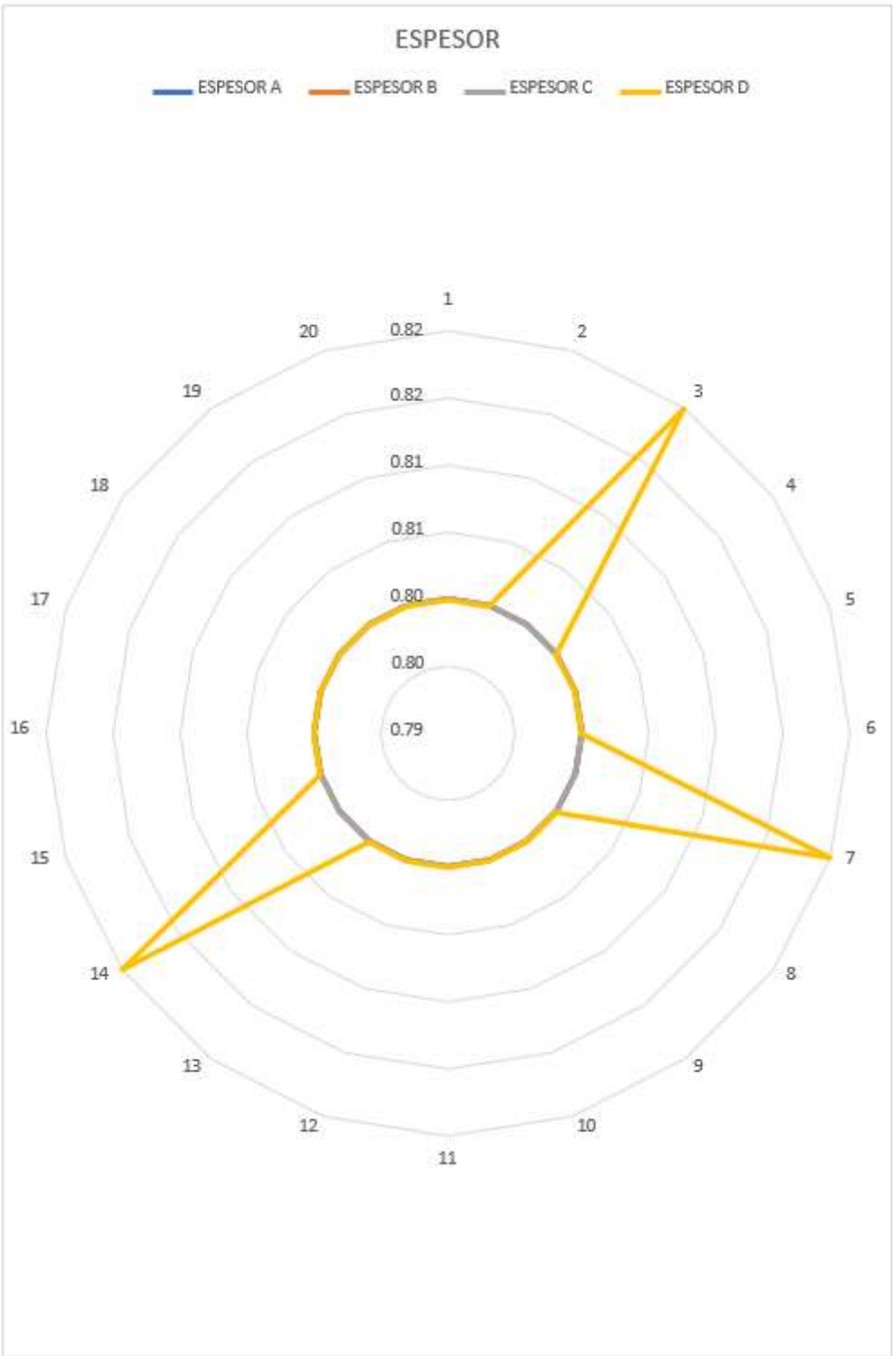
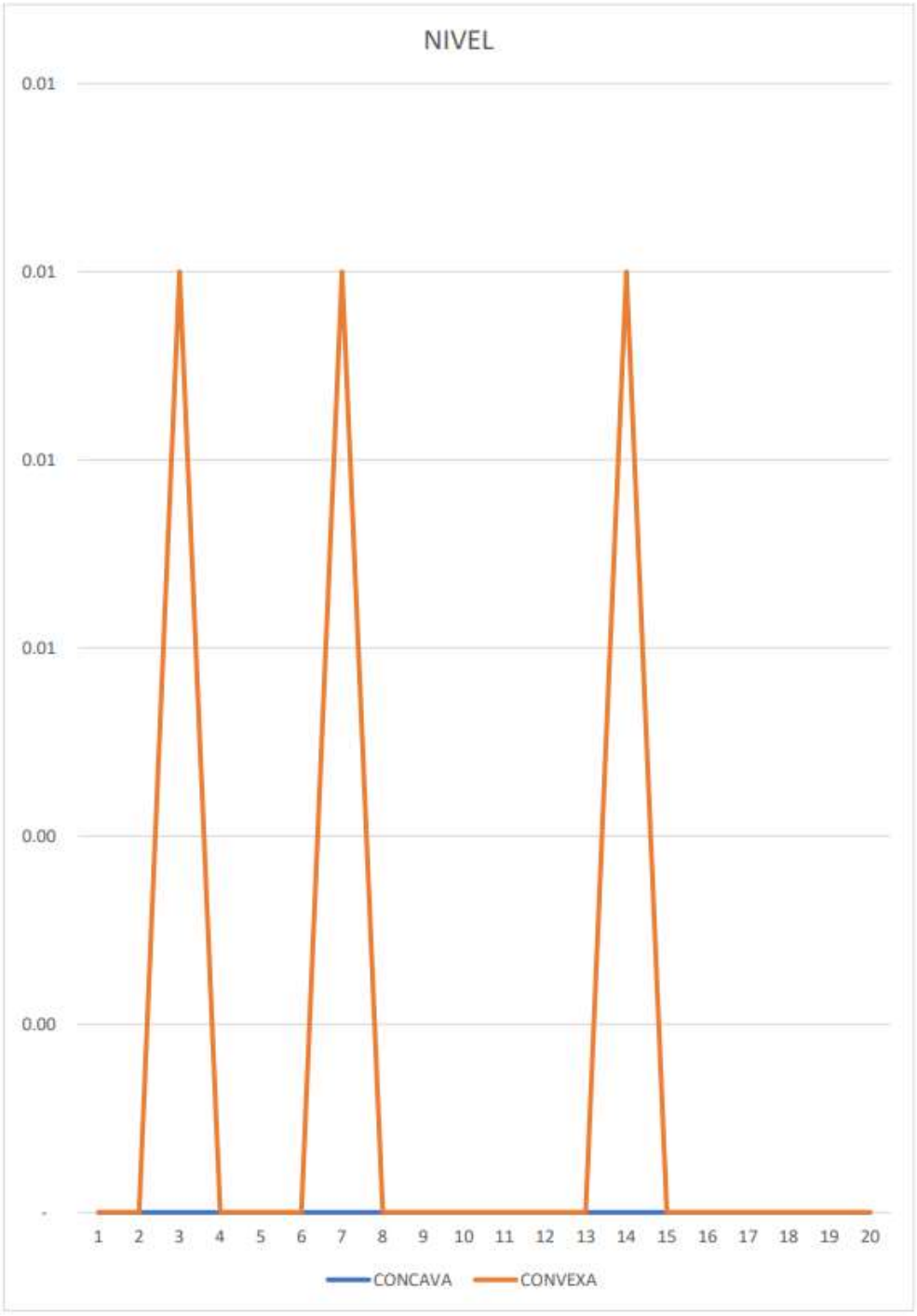


*Figura 30. Niveles del porcelanato del lote 7*




**Interpretación parcial**

En el caso del lote 7, son uno de los lotes evaluados que ha presentado mayor diferencia en el tamaño del largo, teniendo un promedio de 0.01 cm. así mismo tres de los porcelanatos presenta diferencia de espesor y son los mismos que tienen una diferencia de nivel convexa con diferencia de 0.01 cm

*Tabla 9. Captura de datos Lote 8*

| LOTE | FECHA |
|---|---|
| 8 | 10/04/2024 |

| MEDIDAS | | | | | | | | | NIVEL | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ANCHO | LARGO A | LARGO B | LARGO C | LARGO B | ESPESOR A | ESPESOR B | ESPESOR C | ESPESOR D | CONCAVA | CONVEXA |
| 1 | 60.01 | 60.00 | 60.01 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 2 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 3 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 4 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 5 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 6 | 60.00 | 60.01 | 60.00 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 7 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 8 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 9 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 10 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 11 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 12 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 13 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 14 | 60.00 | 60.01 | 60.00 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.82 | - | - |
| 15 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.82 | 0.80 | 0.01 | - |
| 16 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 17 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 18 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 19 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 20 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |

**Fuente:** Elaboración propia

***Figura 31. Medición del largo de porcelanatos del lote 8***

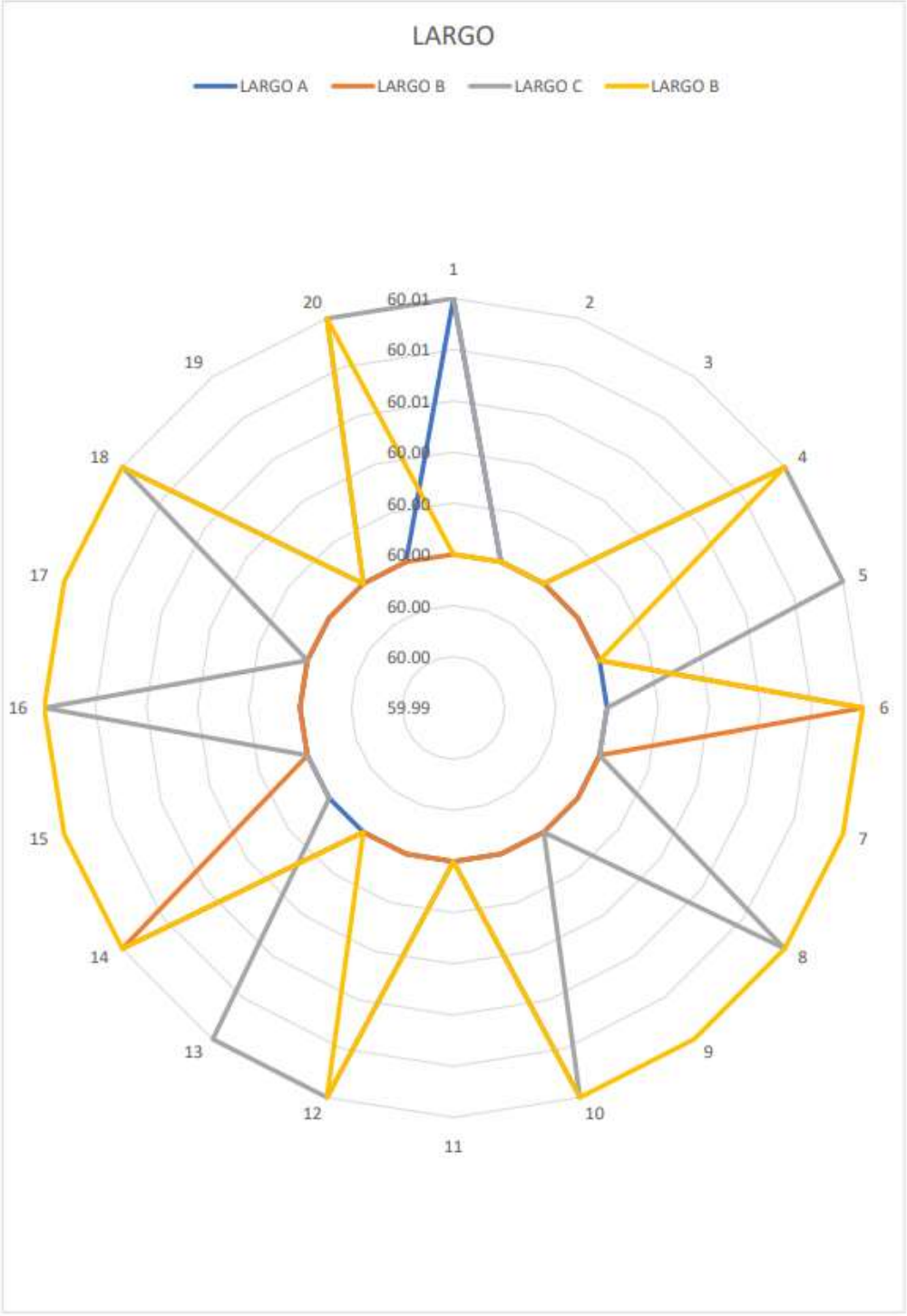


***Figura 32. Variación del espesor de porcelanatos del lote 8***

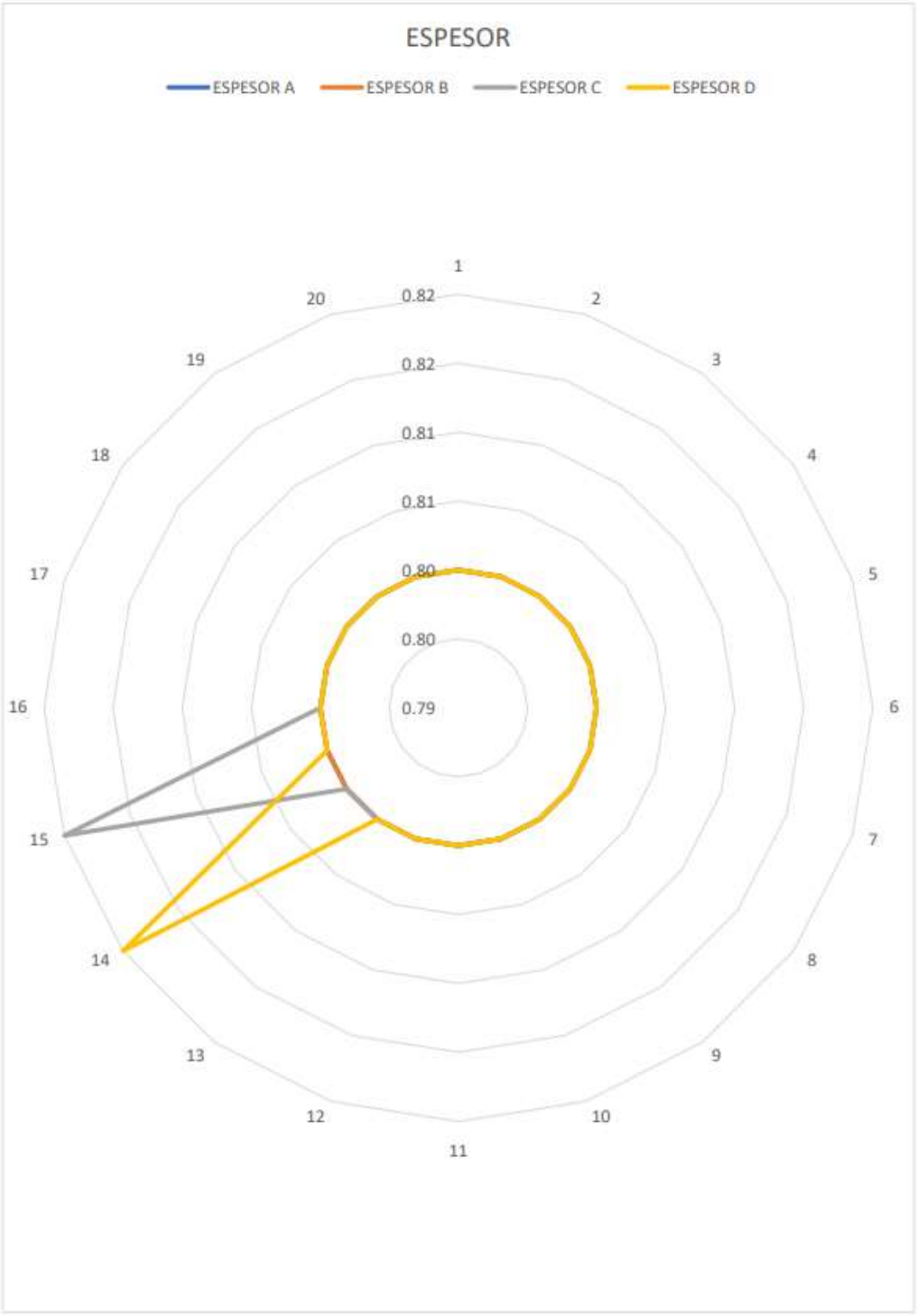


***Figura 33. Niveles del porcelanato del lote 8***




**Interpretación parcial**

Al finalizar la toma de datos del lote 8, se puede apreciar que la diferencia de tamaño en el largo se mantiene, con una diferencia de 0.01 cm. así mismo dos porcelanatos presentan diferencia de tamaño en el espesor, finalmente solo un porcelanato ha presentado un problema de nivel convexa con una diferencia de 0.01 cm.

*Tabla 10. Captura de datos Lote 9*

| LOTE | FECHA |
|---|---|
| 9 | 12/04/2024 |

| MEDIDAS | | | | | | | | | NIVEL | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ANCHO | LARGO A | LARGO B | LARGO C | LARGO B | ESPESOR A | ESPESOR B | ESPESOR C | ESPESOR D | CONCAVA | CONVEXA |
| 1 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 2 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 3 | 60.01 | 60.00 | 60.01 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 4 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 5 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 6 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 7 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 8 | 60.00 | 60.01 | 60.00 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 9 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 10 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 11 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.82 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.01 | - |
| 12 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 13 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.00 | 0.80 | 0.83 | 0.80 | 0.80 | 0.01 | - |
| 14 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 15 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 16 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 17 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 18 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 19 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 20 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |

**Fuente:** Elaboración propia

***Figura 34. Medición del largo de porcelanatos del lote 9***

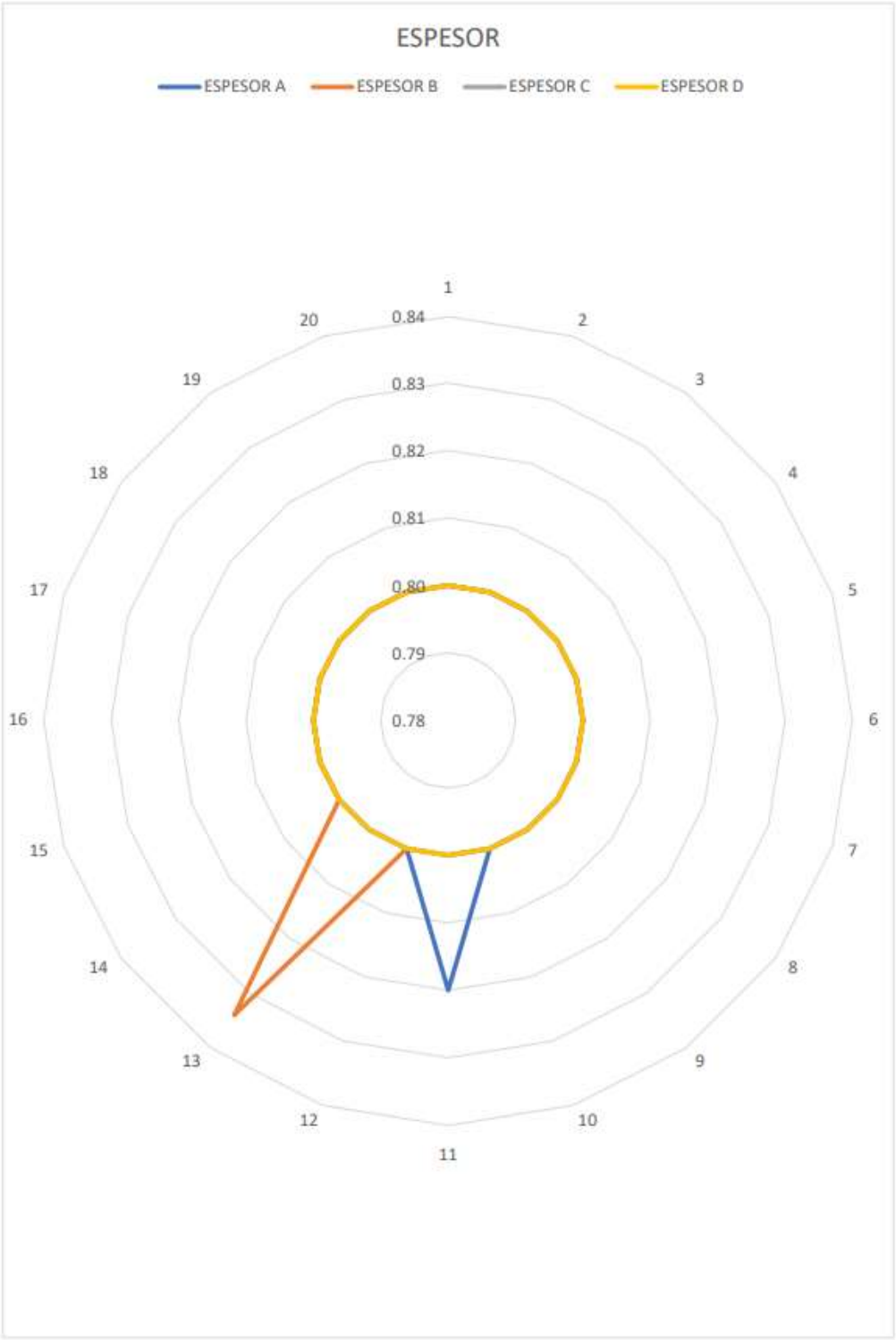


***Figura 35. Variación del espesor de porcelanatos del lote 9***

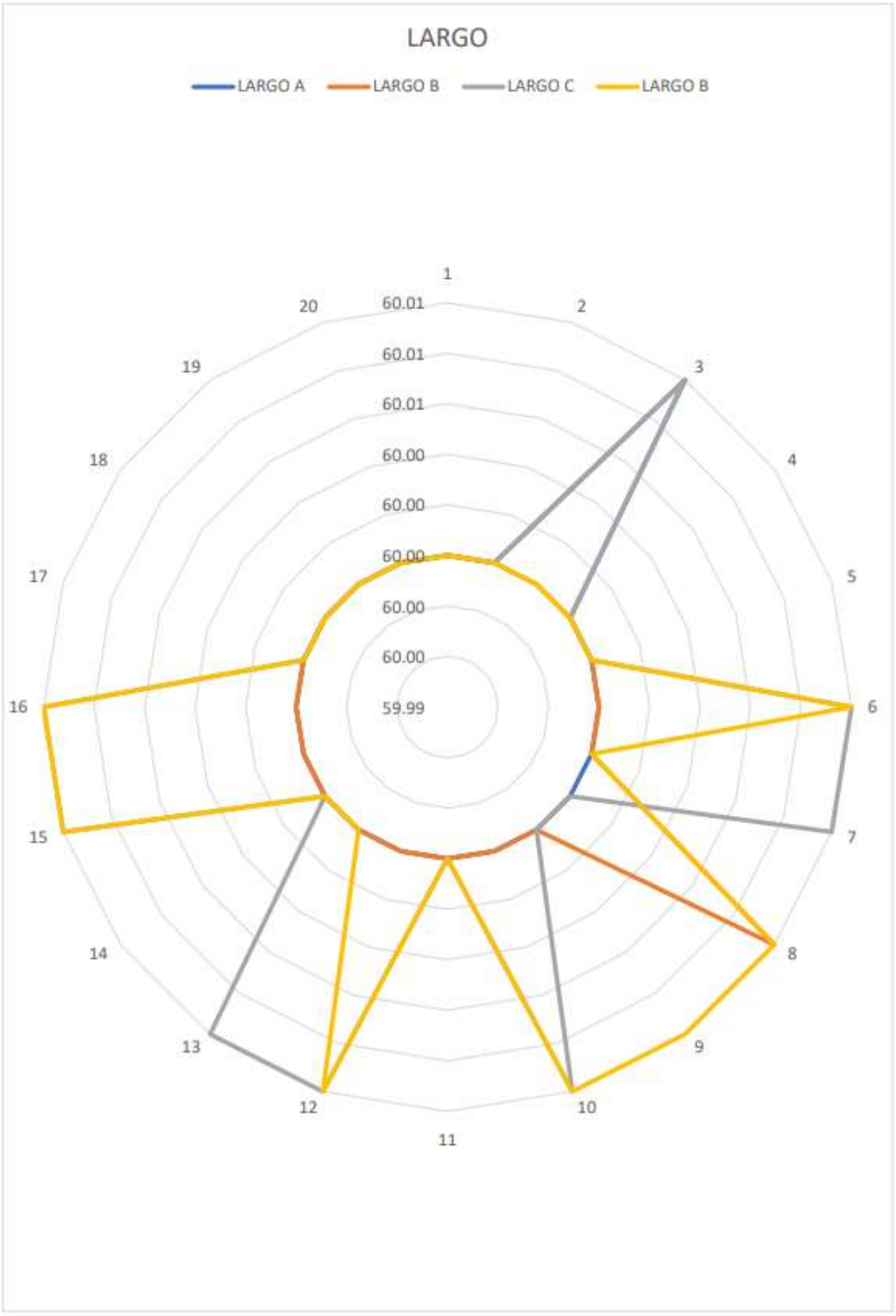
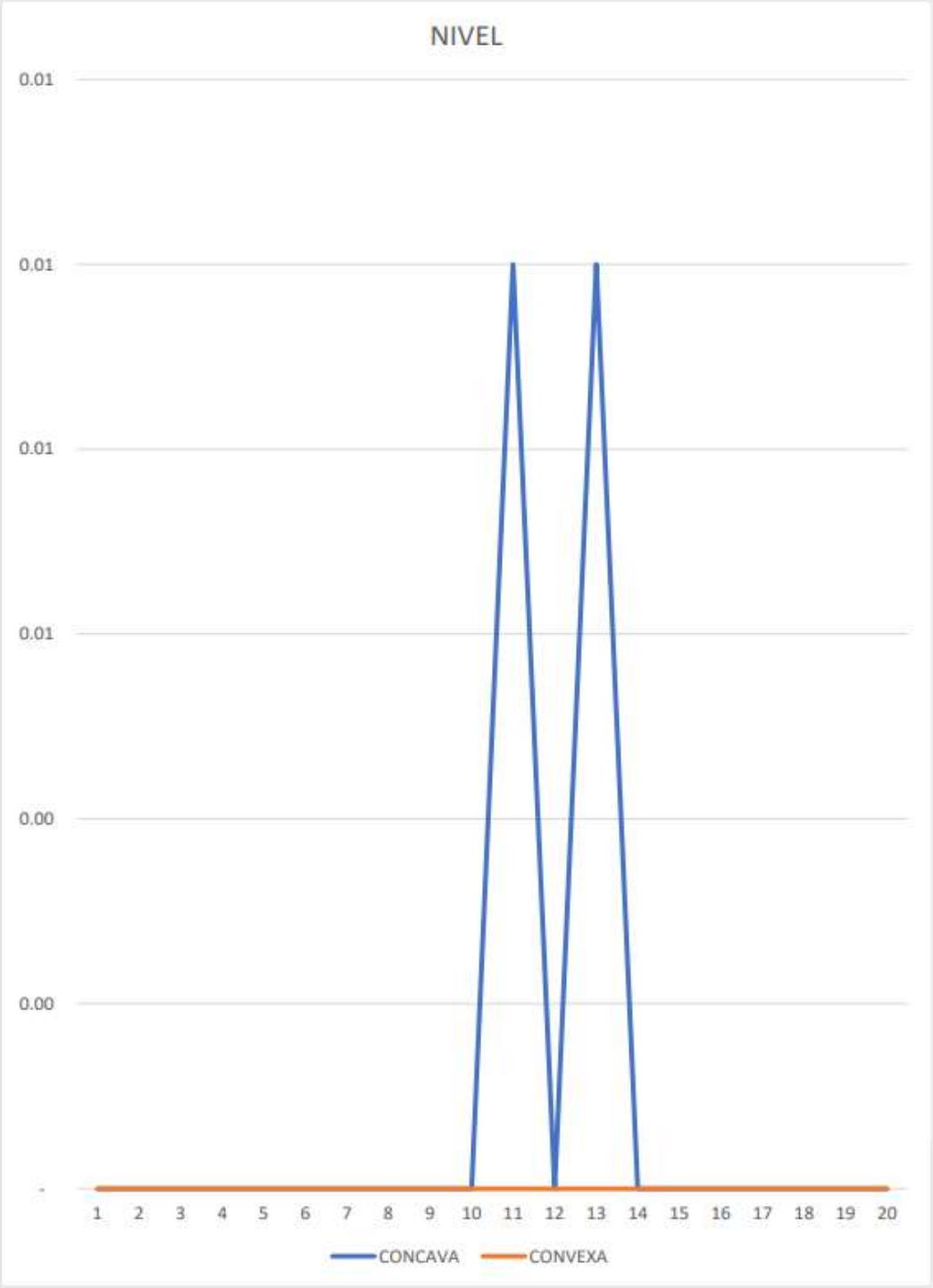


*Figura 36. Niveles del porcelanato del lote 9*




**Interpretación parcial**

En el caso del lote 9, es uno de los lotes con menor diferencia de tamaño en el largo, así mismo dos porcelanatos presentan diferencia en el espesor sien el mayor de 0.03 cm, siendo estos que presentan diferencias de nivel cóncava con 0.01 cm. en la parte más pronunciada.

*Tabla 11. Captura de datos Lote 10*

| LOTE | FECHA |
|---|---|
| 10 | 15/05/2024 |

| MEDIDAS | | | | | | | | | NIVEL | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ANCHO | LARGO A | LARGO B | LARGO C | LARGO B | ESPESOR A | ESPESOR B | ESPESOR C | ESPESOR D | CONCAVA | CONVEXA |
| 1 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 2 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 3 | 60.01 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 4 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 5 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 6 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 7 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 8 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 9 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 10 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.82 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 11 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 12 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 13 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 14 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 15 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 16 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.01 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.82 | - | 0.01 |
| 17 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 18 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 19 | 60.00 | 60.01 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |
| 20 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 60.00 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | 0.80 | - | - |

**Fuente:** Elaboración propia

***Figura 37. Medición del largo de porcelanatos del lote 10***

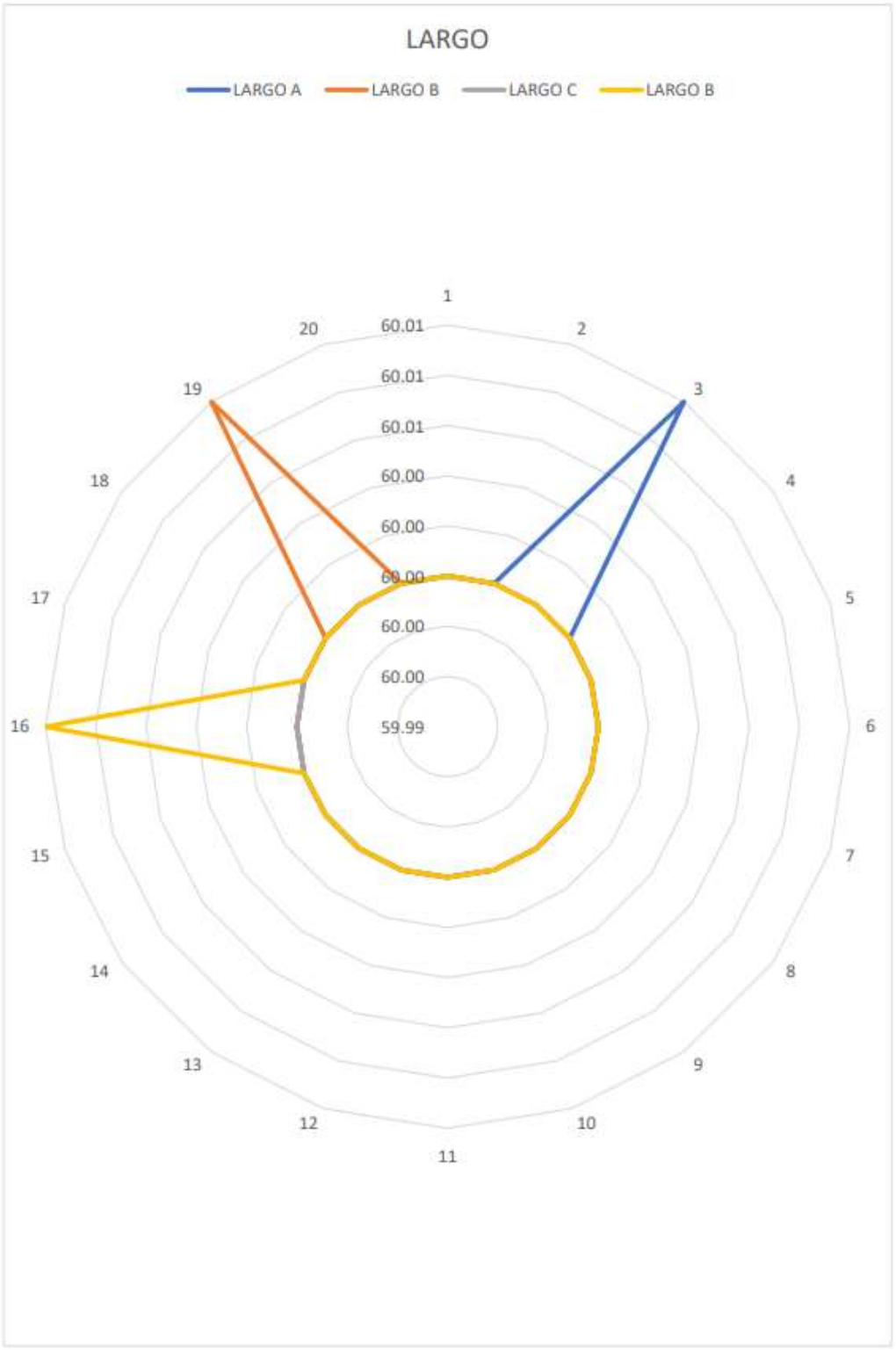


***Figura 38. Variación del espesor de porcelanatos del lote 10***

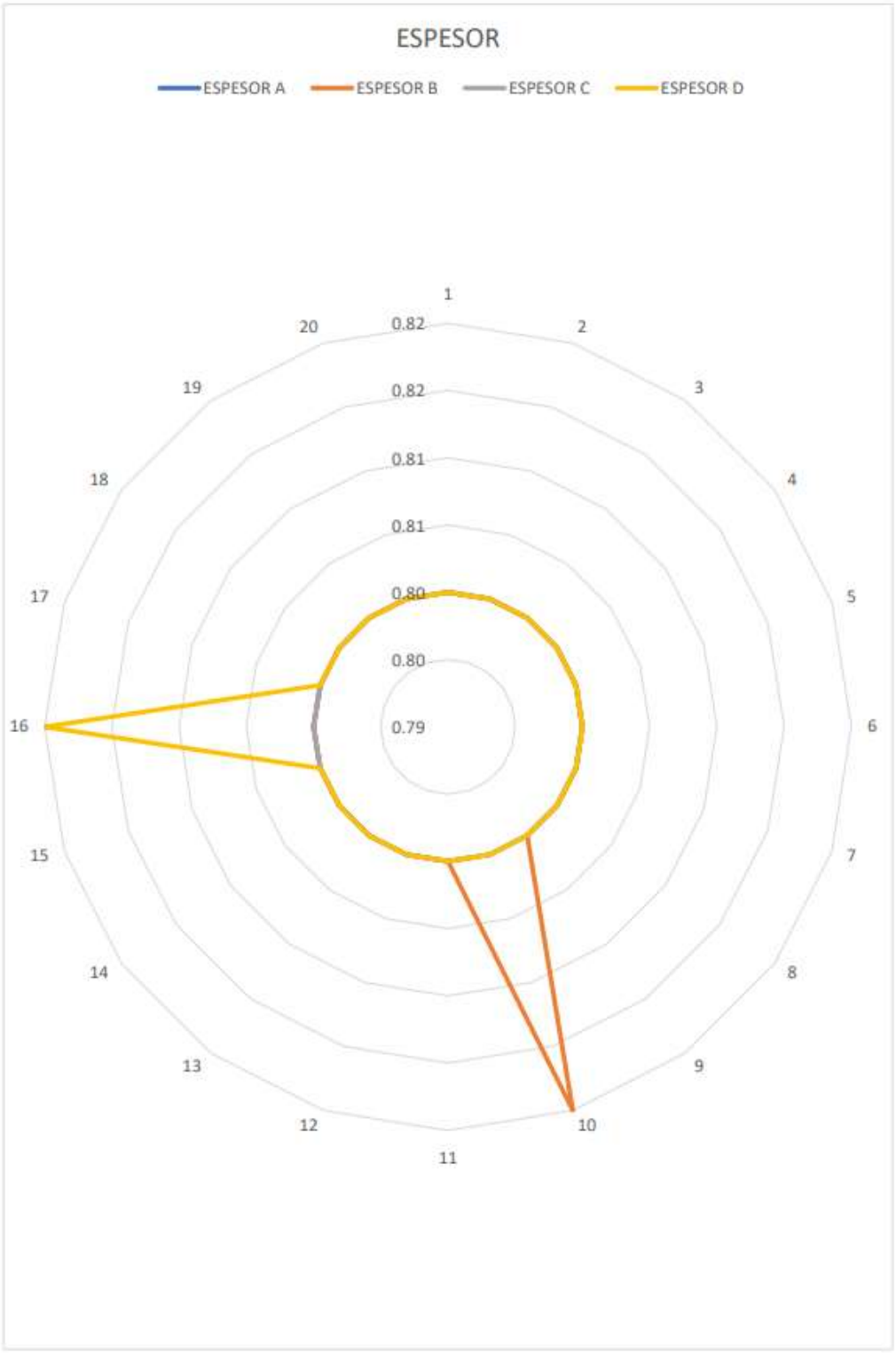
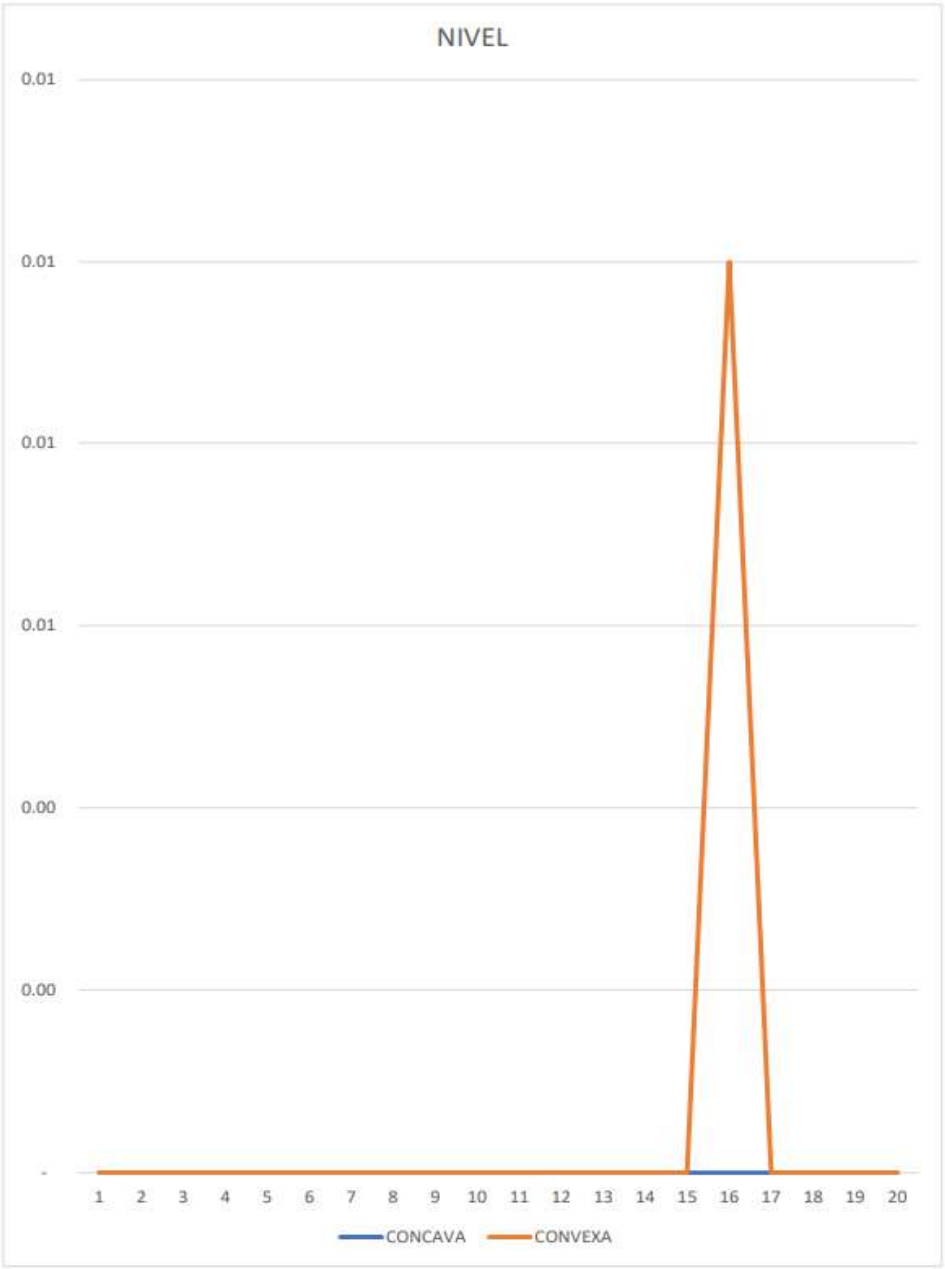


*Figura 39. Niveles del porcelanato del lote 10*




**Interpretación parcial**

Finalmente, el lote 10, presenta diferencia de tamaño en el largo de tres porcelanatos con 0.01 cm.; en el caso del espesor presenta dos porcelanatos con 0.02 cm. de diferencia, mientras que solo un porcelanato nos muestra un problema de nivel convexa con 0.01 cm.

Al finalizar esta investigación podemos afirmar que tiene las bases para poder convertirse en un aplicativo móvil, para que pueda ser usado por empresas y personas dedicadas al rubro de construcción, dándole un valor agregado en la uniformidad y de los acabados en la instalación de porcelanatos y cerámicas.

## VERIFICACIÓN DE HIPOTESIS

- De la tabla 1 a la Tabla 10, podemos ver los datos obtenidos aplicando el sistema de visión artificial, donde se aprecia la toma de datos a dos decimales 00.00 cm. de los porcelanatos, el largo, al manejar la tomada de datos en un ambiente controlado podemos afirmar que, si no se considera los parámetros de colorimetría, nivel, distancia de toma de la cámara y la referencia del marcador cuadrado sintético, el error es incremental.
- De acuerdo con los datos obtenidos, comparados con una wincha clásica donde tiene un error de 0.1 cm. y de una regleta el cual tiene un error de 0.05 cm., en nuestro caso El margen de error de un sistema de visión artificial para determinar las medidas del porcelanato según la norma ISO 10545 fue inferior al 0.01 cm. el cual es menor al 0.5% planteado inicialmente, lo cual puede variar en la precisión si no se consideran el entorno de la toma de datos.
- Finalmente, en la toma de datos en un ambiente controlado, si no tomamos en cuenta los parámetros de la colorimetría, el error puede ser exponencial, teniendo una influencia muy significativa el color de la base, versus el color del porcelanato, teniendo que ser, blanco la base para mejor la captura de dato

# CAPITULO V

# DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Luego de haber determinado la validez del instrumento para la recolección de los datos que fue un formulario, dichos resultados se presentaron en cuadros estadísticos, tablas de distribución de frecuencias y gráficos, los mismos que facilitaron el análisis y la interpretación correspondiente, tal como se pudo apreciar en el capítulo anterior, Se ha tomado en cuenta las siguientes consideraciones:

1. En nuestro caso, la determinación de la muestra fue probabilística, aplicando un muestreo aleatorio simple, mediante el cual se seleccionó un porcelanato por cada caja, conformando 20 porcelanatos por lote, para un total de 200 unidades correspondientes a los 10 lotes evaluados. Este procedimiento permitió garantizar que todas las unidades tuvieran la misma probabilidad de ser elegidas y asegurar la representatividad de la muestra.
2. Para el presente estudio se emplearon dos marcas comerciales de porcelanato: CELIMA y ORANGE, seleccionadas por su amplia disponibilidad en el mercado nacional y por representar materiales con características técnicas diferentes dentro del mismo rango de aplicación, lo cual permitió realizar una comparación objetiva de sus propiedades según la norma ISO 10545.
3. La captura de datos se realizó en un ambiente controlado, con el propósito de mantener condiciones adecuadas para la fotometría y reducir la influencia de factores externos. Este control fue necesario debido a que la ecualización de colores y la degradación del color causada por la luz pueden afectar significativamente la precisión de las mediciones obtenidas mediante el sistema de visión artificial.

## CONCLUSIONES

- Se ha podido determinar qué un sistema de visión artificial influye significativamente en los resultados para determinar las medidas del porcelanato según la norma ISO 10545. Desde la tabla 1 a la Tabla 10, podemos ver los datos obtenidos aplicando el sistema de visión artificial, donde se la toma de datos se ha dos decimales 00.00 cm. de los porcelanatos, podemos afirmar que, si no se considera los parámetros de colorimetría, nivel, distancia de toma de la cámara y la referencia del marcador cuadrado sintético, el error puede ser es incremental.
- Se ha podido demostrar que el margen de error de un sistema de visión artificial para determinar las medidas del porcelanato según la norma ISO 10545 es inferior al 0.5%; comparados con una wincha clásica donde tiene un error de 0.1 cm. y de una regleta el cual tiene un error de 0.05 cm., en nuestro caso el margen de error de un sistema de visión artificial para determinar las medidas del porcelanato según la norma ISO 10545 fue inferior al 0.01 cm. el cual es menor al 0.5% planteado inicialmente.
- Finalmente, la aplicación de colorimetría de las imágenes, en la determinación de la superficie del porcelanato según la norma ISO 10545, influye significativamente, el color de la base (claro, preferiblemente blanco), versus el color del porcelanato, tal como se ha podido apreciar en las tablas 1 al 10.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda mantener un control estricto sobre los parámetros del sistema de visión artificial, incluyendo la colorimetría, la distancia y el nivel de la cámara, así como la referencia del marcador cuadrado sintético. Esto es fundamental para asegurar que las mediciones del porcelanato sean precisas y confiables, evitando errores que puedan afectar la interpretación de los resultados.
- Asimismo, resulta esencial utilizar un fondo adecuado al momento de tomar las imágenes, preferiblemente de color claro o blanco, que contraste con el porcelanato. Esta práctica mejora la aplicación de técnicas de colorimetría, facilita la detección de los bordes y contornos del material, y contribuye a obtener mediciones más exactas de su superficie y dimensiones.
- Finalmente, se recomienda realizar calibraciones y verificaciones periódicas del sistema de visión artificial, comparando los resultados con métodos tradicionales como la wincha o la regleta. Este procedimiento asegura que el margen de error se mantenga dentro de los límites establecidos, garantizando la consistencia y la confiabilidad de todas las mediciones realizadas.

## REEFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Caro, B. (2021) “Universidad de Chile”, “Estudio de aplicaciones de la Inteligencia Artificial en el desarrollo de proyectos de ingeniería civil”

Castro, M. (2003). El proyecto de investigación y su esquema de elaboración. (2ª Edición). Caracas: Uyapal.

Celi, C. y Heredia J. (2018) “Universidad Politécnica Salesiana – Ecuador”, “Sistema inteligente con visión artificial para el reconocimiento de piezas mecánicas en el Robot NAO”,

Fernández, Y. F. (2005). Técnicas de procesamiento de fase de interferogramas de holografía conoscópica para detección de defectos superficiales en entornos industriales. In *Dialnet (Universidad de la Rioja)*. https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=209200

Garrido-Hernández, A., De Jesús-Pantaleón, N., García-Domínguez, G., Chávez-Escalante, L. G., & Reyes-Miranda, J. (2024). Automatización de un prototipo Tape Casting para elaborar compósitos polimérico; perspectiva de industria 4.0. *PÄDI Boletín Científico De Ciencias Básicas E Ingenierías Del ICBI*, *12*, 138–146. https://doi.org/10.29057/icbi.v12iespecial5.13778

García C. (2018), “Implementación De Un Sistema De visión Para Fallas De Falta De Remaches”

Gutiérrez M. (2022), Pontificie Universidad Católica del Perú, “Visión computacional en la industria de la construcción: identificación de equipos de seguridad en obras mediante el uso de deep learning”,

Hernández, Fernández y Baptista (2010) Metodología de la Investigación. Ed. Mac Graw Hill pg. 58

Leonelli, C., Bondioli, F., Veronesi, P., Romagnoli, M., Manfredini, T., Pellacani, G. C., & Cannillo, V. (2001). Enhancing the mechanical properties of porcelain stoneware tiles. *Journal of the European Ceramic Society*, *21*(6), 785–793. https://doi.org/10.1016/s0955-2219(00)00266-1

Marrugo J. (2018), Universidad Tecnológica de Bolívar, Colombia, “Sistema de Visión Artificial para la medición de desplazamientos en un prototipo a escala de una estructura civil”

Martínez, L. E., & Pérez, R. R. G. (2019). RELACIÓN ENTRE LAS TOLERANCIAS DIMENSIONALES y GEOMÉTRICAS EN LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN. *DOAJ (DOAJ: Directory of Open Access Journals)*. https://doaj.org/article/24b97acb5cea4d4d8f52754af6557a6b

Muñoz J. y Bernal M. (2016), Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia”, “Aplicación de Sistemas de Visión Artificial Para la Supervisión y Control de Procesos de Manufactura en el Laboratorio de Ingeniería Industrial”

Palella, S. y Martins, F. (2008). Metodología de la Investigación Cuantitativa (2ª Edición). Caracas: FEDUPEL. Phyton.org, 2024, https://docs.python.org/3/faq/general.html#why-was-pythoncreated-in-the-first-place

Rojas T., Sanz W. y Arteaga F. (2008), “Sistema de visión por computadora para la detección de objetos esféricos a través de la transformada de Hough, Universidad de Carabobo, Venezuela”

Sánchez, C. E. R., & Castillo, P. F. C. (2024). Optimización de procesos industriales mediante sistemas de inteligencia artificial: un enfoque basado en aprendizaje profundo. *Ibero-American Journal of Engineering & Technology Studies*, *4*(2), 30–36. https://doi.org/10.56183/iberotecs.v4i2.649

Sánchez H., Carlessi C., Reyes. Metodología y diseños en la Investigación Científica., pp.83-118

Sierra D. (2006) Metodología de Investigación Científica.

Sensor Cleanig. (2023), junio 12, 2023 www.sensorcleaning.com

Tamayo y Tamayo, M. (2006). Técnicas de Investigación. (2ª Edición). México: Editorial Mc Graw Hill.

Vargas W. (2019), Universidad Técnica de Ambato, “Análisis De Objetos Translúcidos Usando Técnicas De Visión Por Computador”

# ANEXOS

## Anexo 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA
## "SISTEMA DE VISION ARTIFICIAL PARA DETERMINAR LA SUPERFICIE DEL PORCELANATO SEGÚN LA NORMA ISO 10545 UCAYALI – 2023"

| PROBLEMA | OBJETIVO | HIPOTESIS Y VARIABLES | OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES |
|---|---|---|---|
| Problema General:<br>¿En qué medida la aplicación de un sistema de visión artificial mejorará los resultados para determinar la superficie del porcelanato según la norma ISO 10545? | Objetivo general:<br>Determinar en qué medida la aplicación de un sistema de visión artificial mejorará los resultados para determinar la superficie del porcelanato según la norma ISO 10545 | Hipótesis general:<br>La aplicación de un sistema de visión artificial mejorará significativamente los resultados para determinar la superficie del porcelanato según la norma ISO 10545. | Variables:<br>Y: Independiente:<br>Sistema de visión artificial |
| Problemas específicos:<br>*Problema específico 1:*<br>¿Es posible determinar el margen de error de un sistema de visión artificial para determinar la superficie del porcelanato según la norma ISO 10545? | Objetivos específicos:<br>*Objetivo específico 1:*<br>Determinar el margen de error de un sistema de visión artificial para determinar la superficie del porcelanato según la norma ISO 10545 | Hipótesis específicas:<br>*Hipótesis específica 1:*<br>El margen de error de un sistema de visión artificial para determinar la superficie del porcelanato según la norma ISO 10545 es inferior al 0.5% | X: Dependiente:<br>Superficie del porcelanato según la norma ISO 10545 |
| *Problema específico 2:*<br>¿Cuál es la influencia de la aplicación de colorimetría de las imágenes, en la determinación de la superficie del porcelanato según la norma ISO 10545? | *Objetivo específico 2:*<br>Conocer la influencia de la aplicación de colorimetría de las imágenes, en la determinación de la superficie del porcelanato según la norma ISO 10545 | *Hipótesis específica 2:*<br>La influencia de la aplicación de colorimetría de las imágenes, en la determinación de la superficie del porcelanato según la norma ISO 10545, es muy significativa. | |

NTOS

## Anexo 02: MOV: Matriz De Operacionalización De Variables

| VARIABLES | DEFINICION CONCEPTUAL | DEFINICION OPERACIONAL | DIMENSIONES | INDICADORES | ESCALA DE MEDICION |
|---|---|---|---|---|---|
| VARIABLE DEPENDIENTE:<br><br>**X:** Superficie del porcelanato según la norma<br><br>ISO 10545 | ISO 10545 - 2 Determinación de dimensiones y calidad superficial:<br>Esta parte de la Norma ISO 10545 cubre las características dimensionales (largo, ancho, grosor, planitud de los bordes, rectangularidad, planitud de la superficie) y los métodos para determinar la calidad de la superficie de las baldosas cerámicas. | Se definirá a través de pruebas exploratorias, con un sistema de visión computacional. | • Medidas<br>• Superficie | • Ancho<br>• Largo<br>• Espesor<br>• Cóncava<br>• Convexa<br>• Desnivelada | Nominal |
| VARIABLE INDEPENDIENTE<br><br>**Y:** Sistema de visión artificial | visión artificial aplicadas a la industria permiten obtener, procesar y analizar imágenes, para más tarde ser analizadas por un ordenador. Todo este proceso permite automatizar una gran variedad de procesos y tareas al aportar a las máquinas la información que necesitan para la toma de decisiones, en nuestro caso medidas si son convexas, cóncavas, con desnivel, etc. | Análisis, diseño, implementación del hardware y software para el desarrollo del sistema de visión computacional | • Hardware<br>• Software | • Saturación e Intensidad de los colores de la imagen a procesar.<br>• Histogramas de los porcelanatos, a color y en escala de grises<br>• Sistema Operativo<br>• Lenguaje de Programación<br>• Compilador | Nominal |

## Anexo 03: Instrumento estadístico

## UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

## FACULTAD DE INGENERIA DE SISTEMAS E INGENIERIA CIVIL

## ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

## FORMULARIO 1: DE TOMA DE DATOS

## INVESTIGACIÓN: SISTEMA DE VISION ARTIFICIAL PARA DETERMINAR LA SUPERFICIE DEL PORCELANATO SEGÚN LA NORMA ISO 10545 UCAYALI – 2023

**OPEN SOFTWARE**

| | | |
|---|---|---|
| SOFTWARE | Lenguaje de Programación | |
| | Open Software | |
| | Sistema Operativo | |
| HARDWARE | Acceso | |
| | porcentaje de fallas | |
| | Diseño | |
| | Modulo Open Hardware | |
| | Shield | |

# UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

## FACULTAD DE INGENERIA DE SISTEMAS E INGENIERIA CIVIL

## ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

## FORMULARIO 2: TOMA DE DATOS - PORCELANATO

## INVESTIGACIÓN: SISTEMA DE VISION ARTIFICIAL PARA DETERMINAR LA SUPERFICIE DEL PORCELANATO SEGÚN LA NORMA ISO 10545

## UCAYALI – 2023

| LOTE | FECHA |
|---|---|
| 1 | 15/05/2024 |

| MEDIDAS | | | | | | | | | NIVEL | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ANCHO | LARGO A | LARGO B | LARGO C | LARGO B | ESPESOR A | ESPESOR B | ESPESOR C | ESPESOR D | CONCAVA | CONVEXA |
| 1 | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | | | |
| 6 | | | | | | | | | | |
| 7 | | | | | | | | | | |
| 8 | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | | | | |

## Anexo 04: Fotos

## PRUEBAS DE CAPTURA DE DATOS CON EL SOFTWARE

**ESPECIFICACIONES PORCELANATO**

**MARCA: Orange**

**FICHA TECNICA:**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Garantía | 1 Año | Tráfico | Intenso |
| Altura Del Producto | 60.00 cm | Rendimiento por caja | 1.44 m2 |
| Ancho Del Producto | 60.00 cm | Resistente a la humedad | Si |
| Profundidad Del Producto | 0.90 cm | Marca | Orange |
| Color principal | Negro | Peso Del Producto | 2.00 kg |
| Material de acabado | Vidriado | Espesor | 9 mm |
| Tipo de acabado | Liso | Tipo de instalación | Pared/Piso |
| Resistente al desgaste | Si | Piezas por caja | 4 |
| Resistente a cambios de temperatura | Si | Diseño | Liso |
| | | Número de piezas | 1 |
| Modelo | Super Nano | Tipo de uso | Interior/Exterior |
| Acabado | Brillante | Uso | Para el revestimiento de pisos |
| Tipo de Producto | Piso | Caja rinde | 1.44 |
| Sub Tipo de Producto | Porcelanato | | |
| Material | Arcilla | | |

Fuente: https://www.promart.pe/porcelanato-super-black-nano-60-x-60-cm/p
revisado el: 20/02/2025

*Figura 40. Registro inicial del porcelanato negro orange*




El software identifica por primera vez la pieza y delimita su área.

***Figura 41. Ajuste del contorno del porcelanato***




El sistema corrige los bordes para mejorar la lectura.

***Figura 42. Generación de medidas del porcelanato***




La herramienta procesa la superficie y muestra las dimensiones

***Figura 43. Refinamiento de la detección del porcelanato***




El software mejora la precisión en los límites detectados

***Figura 44. Validación final del porcelanato negro***




La interfaz confirma las medidas obtenidas tras el análisis

**ESPECIFICACIONES PORCELANATO**

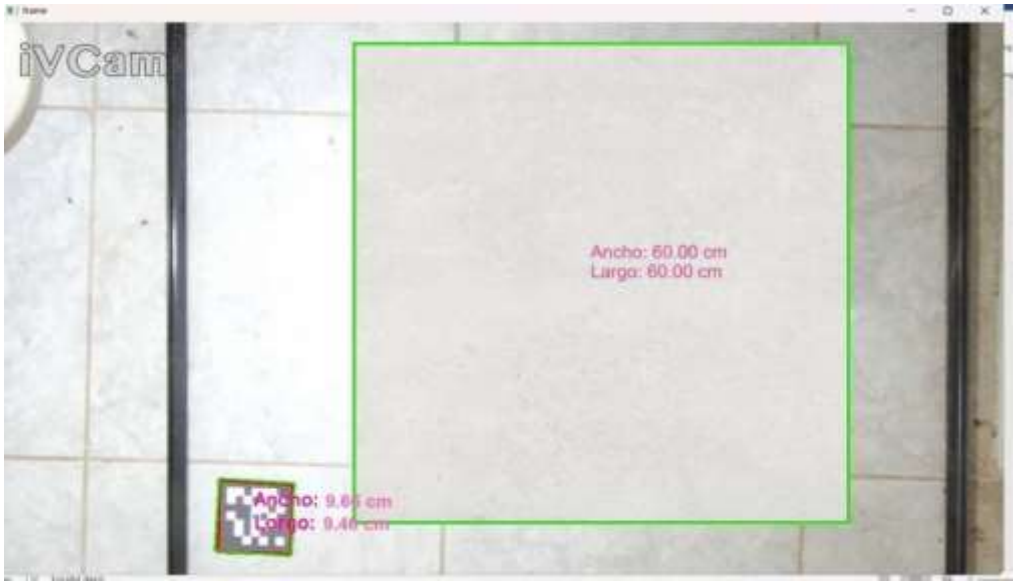
**MARCA: CELIMA**

**FICHA TECNICA:**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Garantía | 5 Años | Material | Porcelanato |
| Altura Del Producto | 0.95 cm | Tráfico | Alto |
| Ancho Del Producto | 60.00 cm | Rendimiento por caja | 1.44 m2 |
| Profundidad Del Producto | 60.00 cm | Marca | Celima |
| Color principal | Blanco | Peso Del Producto | 7.85 kg |
| Ultimo stock | SI | Espesor | 0.95 cm |
| Tipo de acabado | Mate | Tipo de instalación | Piso |
| Modelo | Mate | Piezas por caja | 4 |
| Acabado | Mate | Tipo de uso | Interior/Exterior |
| Tipo de Producto | Piso | Uso | Para el revestimiento de pisos |
| Sub Tipo de Producto | Porcelanato | Caja rinde | 1.44 |

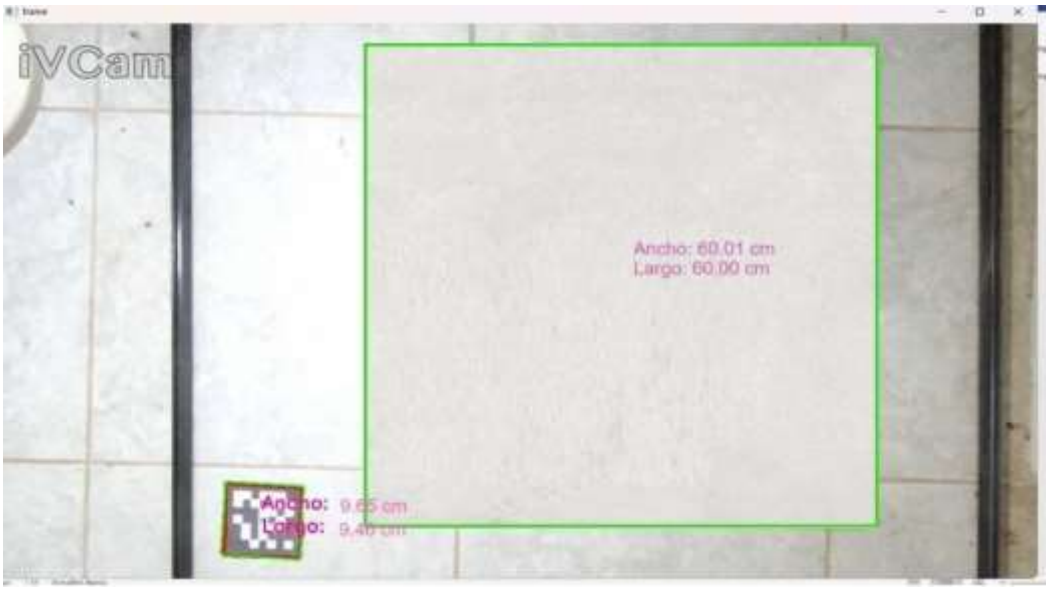
Fuente: https://www.promart.pe/piso-porcelanato-cementicio-mate-blanco-60x60cm-1-44m2-celima-149824/p revisado el : 20/02/2025

***Figura 45. Reconocimiento inicial del porcelanato blanco celima***




El sistema identifica la pieza y define su área principal

***Figura 46. Delimitación del porcelanato blanco***



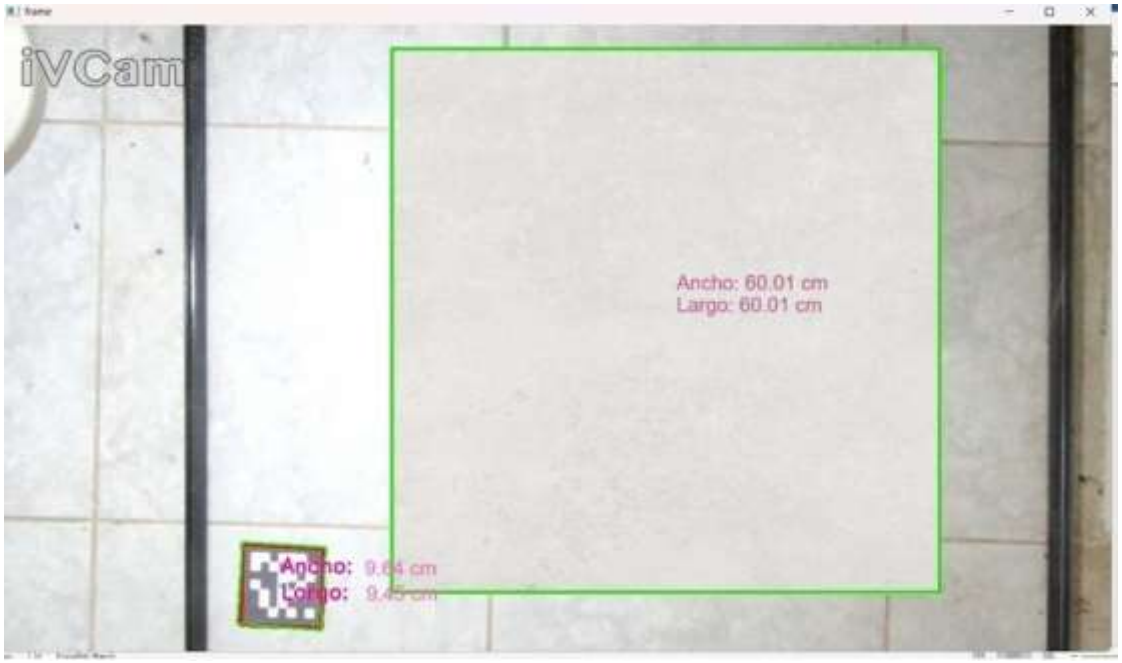

El software marca los bordes para su lectura correcta

***Figura 47. Procesamiento del área del porcelanato blanco***



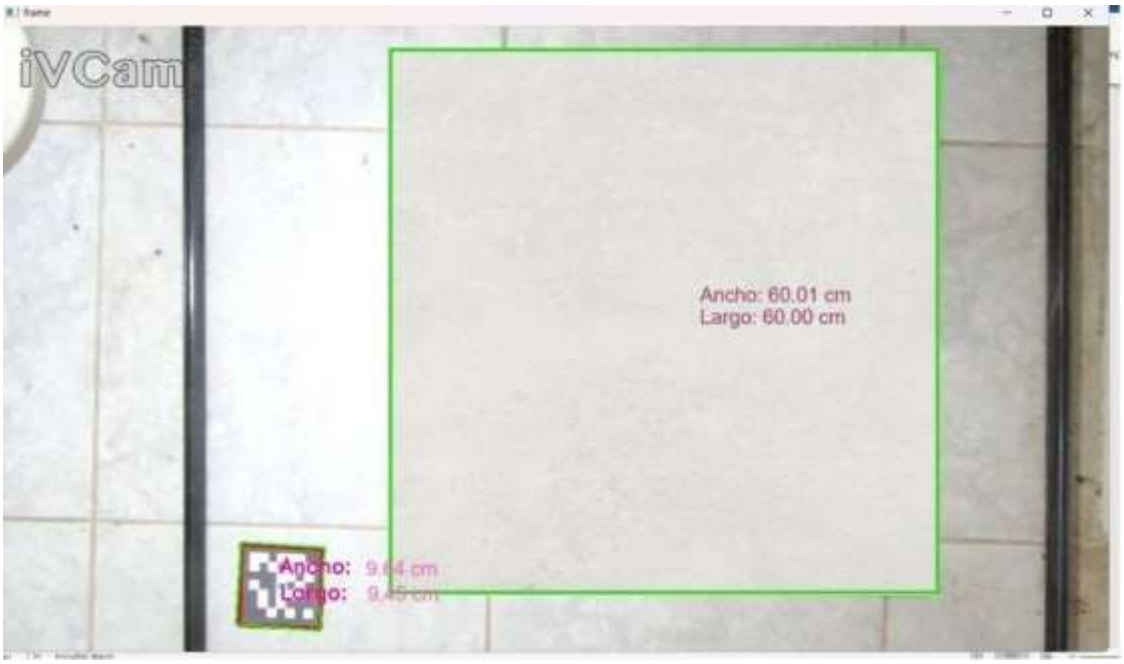

La superficie es analizada y se registra el área detectada

***Figura 48. Relectura del porcelanato blanco detectado***




El sistema realiza un segundo análisis para validar la detección

***Figura 49. Medición final del porcelanato blanco***




El software muestra el resultado final del proceso de medición

## Anexo 05: FICHA TÉCNICA

## PORCELANATO MATE - BLANCO

60x60 PISOS

**REVESTIMIENTOS CERÁMICOS**

**FICHA TÉCNICA**

CELIMA

| | |
|---|---|
| MODELO: | PISO VITA HUESO |
| FORMATO: | 60x60 |
| ESPECIFICACIÓN: | ISO 13006:2018 - GRUPO BIIb - Anexo K - Modular (M) - GL |
| SERIE: | PIEDRA |
| ACABADO: | MATE |
| SUPERFICIE: | LISA |
| DIMENSIONES: | 600 mm x 600 mm x 8,0 mm |
| NÚMERO DE CARAS: | 3 |



Ref: 110016668

| | NORMA | | REQUISITO | RESULTADO |
|---|---|---|---|---|
| CARACTERÍSTICAS FÍSICAS | ISO 10545-2 | Dimensiones Largo y Ancho (% - mm) | ± 0,6 % / ± 2,0 mm | Cumple |
| | ISO 10545-2 | Espesor (% - mm) | ± 5,0 % / ± 0,5 mm | Cumple |
| | ISO 10545-2 | Rectitud de lados (% - mm) | ± 0,5 % / ± 1,5 mm | Cumple |
| | ISO 10545-2 | Rectangularidad (% - mm) | ± 0,5 % / ± 2,0 mm | Cumple |
| | ISO 10545-2 | Curvatura Lateral / Central / Alabeo Diagonal (% - mm) | ± 0,5 % / ± 2,0 mm | Cumple |
| | ISO 10545-2 | Calidad de la Superficie (%) | Mín. 95% de baldosas libre de defectos visibles a 1 m de distancia que afecte un área importante de la baldosa | Cumple |
| PROPIEDADES FÍSICAS | ISO 10545-3 | Absorción de Agua (%) | 6% < $E_v$ ≤ 10%<br>Máximo individual 11% | 6% < $E_v$ ≤ 10% |
| | ISO 10545-4 | Resistencia a la Rotura (e ≥ 7,5 mm) (N) | Mín. 800 N | ≥ 800 N |
| | | Resistencia a la Flexión (e ≥ 7,5 mm) (N/mm2) | Mín. 18 N/mm2<br>Mínimo individual 16 N/mm2 | ≥ 18 N/mm2 |
| | ISO 10545-7 | Resistencia a la Abrasión Superficial | Reporte de CU | III |
| | Tráfico | Grado de Resistencia al tránsito | Determinado por el fabricante | Alto |
| | ANSI A137.1 | Coeficiente de Fricción Dinámico en húmedo | Determinado por el fabricante | DCOF ≥ 0,42 |
| | ISO 10545-11 | Resistencia al Cuarteo (Trizadura) | Requerido | Cumple |
| PROPIEDADES QUÍMICAS | ISO 10545-14 | Resistencia a los Agentes Manchantes | Mín. Clase 3 | Cumple |
| | ISO 10545-13 | Resistencia a los Ácidos y Álcalis de Baja Concentración | Método de ensayo disponible | Cumple |
| | | Resistencia a los Ácidos y Álcalis de Alta Concentración | Método de ensayo disponible | Cumple |
| | ISO 10545-13 | Resistencia a los productos de uso doméstico | Mín. B | Cumple |
| EMBALAJE | Embalaje: | | Piezas por caja<br>m2 por caja<br>Peso seco máx. por caja<br>Cajas por pallet | 5 piezas<br>1,80 m2<br>31,4kg<br>30 cajas |

| | | |
|---|---|---|
| INSTALACIÓN Y USO | Enchape: | Pegamento y fragua para cerámicos / Junta recomendada 5 mm / Traslape máx. 1/4 del largo de la pieza. (Ref. 20x60 y 30x60: 15cm). Antes de instalar verifique que todas las cajas sean del mismo Tono y Calibre. |
| | Limpieza profunda: | Condicional y/o según requerimiento, limpiador ácido diluido con agua (1:10) / Agua y detegente neutro. |
| | Mantenimiento: | Agua y detergente neutro / No aplicar ceras ni selladores / Proteger los ingresos con felpudos. |

**CELIMA**

Producto fabricado en Perú, por Cerámica Lima S.A. según requisitos de la INTERNATIONAL STANDARD ISO 13006:2018. "Ceramic Tiles - Definitions, Classification, Characteristics and Marking", Annex K (Normative), Table K.1, Dry-pressed ceramic tiles. 6% < $E_v$ ≤ 10%, Group BIIb.
Las dimensiones, el tono y el peso de las piezas presentan variaciones normales por el proceso de cocción.

**02 de Octubre de 2023**

**CERTIFICACIONES**

TÜVRheinland CERTIFIED — Management System ISO 9001:2015

INACAL DA - Perú