



**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE DETECCIÓN Y
REGISTRO DE NIVEL TOPOGRÁFICO UTILIZANDO
PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES VECTORIALES CON
TÉCNICAS ESTADÍSTICAS Y ALGORITMOS DE CORRELACIÓN**

**PRESENTADA POR
CRISTIAN JULIO CANO TEJADA
LUIS ENRIQUE SANCHEZ MANDUJANO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO ELECTRÓNICO**

LIMA – PERÚ

2014



**Reconocimiento
CC BY**

El autor permite a otros distribuir y transformar (traducir, adaptar o compilar) a partir de esta obra, incluso con fines comerciales, siempre que sea reconocida la autoría de la creación original.

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTIN DE PORRES

FACULTAD DE
INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE DETECCIÓN Y
REGISTRO DE NIVEL TOPOGRÁFICO UTILIZANDO
PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES VECTORIALES CON
TÉCNICAS ESTADÍSTICAS Y ALGORITMOS DE CORRELACIÓN**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO ELECTRÓNICO

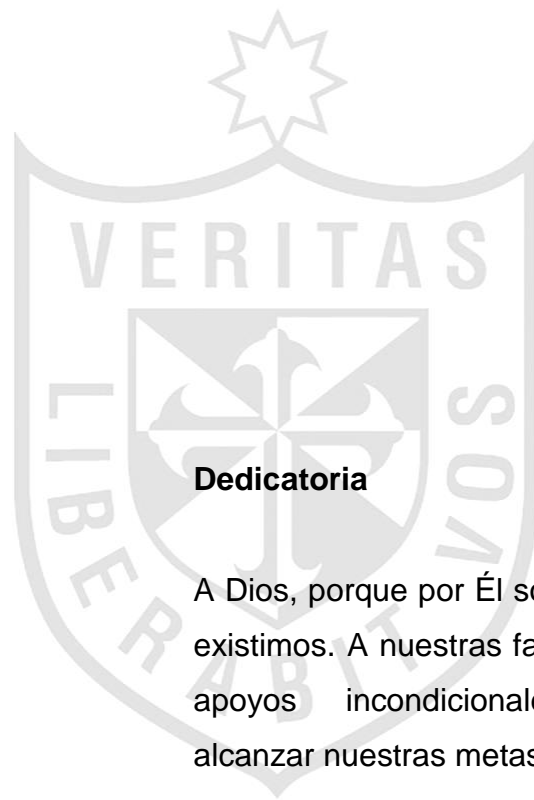
PRESENTADO POR

CANO TEJADA, CRISTIAN JULIO

SANCHEZ MANDUJANO, LUIS ENRIQUE

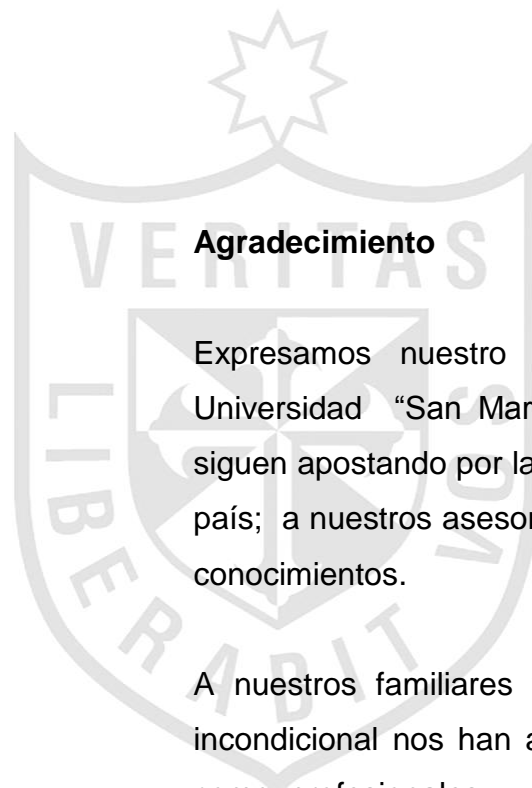
LIMA - PERÚ

2014



Dedicatoria

A Dios, porque por Él somos, nos movemos y existimos. A nuestras familias ya que con sus apoyos incondicionales hemos podido alcanzar nuestras metas profesionales.



Agradecimiento

Expresamos nuestro agradecimiento a la Universidad “San Martín de Porres” porque siguen apostando por la educación de nuestro país; a nuestros asesores y maestros por sus conocimientos.

A nuestros familiares ya que con su amor incondicional nos han apoyado a superarnos como profesionales y a la vez ser mejores personas, capaces de mejorar esta sociedad.

ÍNDICE

RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	xii
CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO	16
1.1 Antecedentes	16
1.2 Bases teóricas	18
1.3 Definición de términos básicos	31
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	36
2.1 Material	36
2.2 Métodos	45
CAPÍTULO III. DESARROLLO DEL PROYECTO	56
3.1 Especificaciones de diseño	56
3.2 Diseño de la captura de la imagen y obtención de la imagen deseada de la regleta.	56
CAPÍTULO IV. PRUEBAS Y RESULTADOS	67
4.1 Pruebas	67
4.2 Resultados	67
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN Y APLICACIÓN	71
5.1 Discusión	71
5.2 Aplicación	71
CONCLUSIONES	74
RECOMENDACIONES	75
FUENTES DE INFORMACIÓN	76
ANEXOS	78

Lista de tablas

		Página
Tabla 1	Información de la versión de la cámara web, nombre del producto.	36
Tabla 2	Descripción de las dimensiones de longitud, ancho, peso y profundidad de la cámara web.	37
Tabla 3	Compatibilidad y Localización de la cámara web.	37
Tabla 4	Descripción de las características de integración con Windows Live.	38
Tabla 5	Descripción de las características de las imágenes, resolución, campo de visión de las imágenes capturadas.	39
Tabla 6	Descripción de las características de audio y respuesta en frecuencia.	39
Tabla 7	Descripción de las características en el cual trabaja el equipo, temperatura, humedad y almacenamiento.	40
Tabla 8	Información de certificación ISO, agencia y regulatorios de marcas de la cámara web.	40
Tabla 9	Descripción de las características y especificaciones físicas del equipo de nivel topográfico.	42
Tabla 10	Porcentaje de aciertos de reconocimiento del primer número obtenido de la imagen de la regleta después de usar el algoritmo.	67
Tabla 11	Porcentaje de aciertos de reconocimiento del segundo número obtenido de la imagen de la regleta después de usar el algoritmo.	68
Tabla 12	Se detalla el precio de los componentes adquiridos en la investigación.	73
Tabla 13	Se detalla el costo del producto.	73

Lista de figuras

		Página
Figura 1	Equipo de nivel topográfico de la marca Topcom.	16
Figura 2	Equipo de nivel topográfico automático de la marca Leica.	17
Figura 3	Imagen capturada por el equipo de nivel topográfico AT-B4 mediante la cámara web en formato RGB.	20
Figura 4	Imagen capturada por el equipo de nivel topográfico AT-B4 mediante la cámara web en formato de escala de gris.	20
Figura 5	Descripción de la detección de los bordes de una imagen mediante la gradiente de Sobel.	23
Figura 6	Imagen capturada por el equipo de nivel topográfico AT-B4 mediante la cámara web en formato de escala de gris.	23
Figura 7	Procesamiento de manera horizontal y vertical mediante la gradiente de Sobel.	23
Figura 8	Regleta del nivel topográfico en formato binario.	24
Figura 9	Segmentación de una imagen mediante un umbral para convertir un pixel de la imagen en valor 0 o 1.	26
Figura 10	Proceso de segmentación de una imagen mediante histogramas.	27
Figura 11	Matriz binaria de una imagen en donde se muestra diferentes valores los cuales van hacer etiquetados y diferenciados.	28
Figura 12	Descripción de la función de correlación de una imagen.	30
Figura 13	Descripción de la obtención de datos de una medición del desnivel del suelo mediante un nivel topográfico.	31

Figura 14	Descripción de una medición abierta del desnivel del suelo mediante un nivel topográfico.	32
Figura 15	Descripción de una medición cerrada del desnivel del suelo mediante un nivel topográfico.	32
Figura 16	Forma y numeración de una regleta de nivel topográfico.	33
Figura 17	Lectura en metros de la regleta del nivel topográfico.	33
Figura 18	Lectura en centímetros por la parte frontal de regleta del nivel topográfico.	34
Figura 19	Lectura en centímetros por la parte frontal de regleta del nivel topográfico.	34
Figura 20	Diagrama de bloques del proceso de recorte de la imagen de la regleta del nivel topográfico.	35
Figura 21	Trípode del nivel topográfico para el modelo AT-B4.	43
Figura 22	Regleta del nivel topográfico.	44
Figura 23	Estructura metálica de acoplamiento entre la cámara web y el nivel topográfico AT-B4.	44
Figura 24	Matriz de una imagen en escala de grises.	45
Figura 25	Matriz resultante luego de aplicar la gradiente de Sobel en dirección vertical.	47
Figura 26	Proceso para la obtención del recorte de la regleta del nivel topográfico utilizando la gradiente de Sobel de manera vertical.	48
Figura 27	Matriz de una imagen en escala de grises.	48
Figura 28	Matriz resultante luego de aplicar la gradiente de Sobel en dirección horizontal.	50
Figura 29	Etiquetado y segmentación de una parte de la regleta del nivel topográfico que tiene información de la cual se obtendrán los valores numéricos.	51

Figura 30	Reducción de la imagen numérica obtenida a un tamaño de 42X24.	51
Figura 31	Segmentación del área de trabajo y obtención de la circunferencia de la cámara web.	52
Figura 32	Descripción de los hilos superiores, medios e inferiores que muestra el nivel topográfico AT – B4.	52
Figura 33	Segmentación de la imagen del carácter “E” para la obtención de los en milímetros.	53
Figura 34	Diferencia entre los puntos geométricos de la línea central de la circunferencia y línea inicial del carácter “E”.	53
Figura 35	Tamaño final de la imagen en 42X24 pixeles.	54
Figura 36	Diagrama de bloques en el cual se muestra los métodos usados para la extracción de la imagen de la regleta del nivel topográfico.	56
Figura 37	Algoritmo para el recorrido de la matriz de la imagen en forma horizontal.	57
Figura 38	Diagrama de flujo para la obtención de la regleta del nivel topográfico.	58
Figura 39	Algoritmo para el recorrido de la matriz de la imagen desde el punto medio hacia la parte superior e inferior de la imagen.	59
Figura 40	Diagrama de flujo para la obtención de la imagen con información numérica de la regleta.	60
Figura 41	Algoritmo para calcular la variación por pixel que presenta la imagen y poder obtener los valores de centímetros y milímetros.	61
Figura 42	Diagrama de flujo para obtener los cuatro valores numéricos deseados de la imagen obtenida de la regleta.	62

Figura 43	Descripción Pictórica del proyecto como producto final implementado.	63
Figura 44	Diagrama de bloques del acoplamiento de la cámara web con el nivel topográfico.	65
Figura 45	Criterios de diseño para el acople de la cámara web con el equipo de nivelación topográfica.	65
Figura 46	Estructura de acoplamiento metálico de la cámara web.	66
Figura 47	Pruebas del proyecto terminado a 17 metros de distancia con el nivel topográfico y la regleta.	69
Figura 48	Descripción de los reportes generados por el sistema al concluir la medición topográfica.	72



RESUMEN

La presente investigación, tiene como objetivo mejorar la precisión en la toma de datos de los niveles topográficos, esto debido por el bajo campo visual y la utilización de elementos de poca confiabilidad para la toma de estos, como lapiceros, hoja de datos entre otros.

En el mercado peruano actualmente existen equipos de nivel topográfico digital; sin embargo, el costo de estos equipos tiene un valor aproximado entre 4 a 5 veces mayor al equipo tomado como referencia (AT – B4) para este proyecto.

La presente tesis consiste en lograr diseñar un sistema automático de detección y registro del nivel topográfico, para ello se propone implementar un software que permitirá al usuario obtener la información respecto a la toma de datos de los niveles topográficos, con la finalidad de mejorar los tiempos empleados en las mediciones tomadas y la exactitud de los mismos.

También se requiere implementar un hardware que permitirá el acople de la cámara web con el equipo que se tomará como referencia (AT – B4).

Para la simulación y comparación, se empleará un equipo de nivelación y una cámara que ira conectada al computador, esto logrará mostrar la imagen de la regleta y así mismo realizará el procesamiento para obtener los valores deseados que serán 4 dígitos: metros, decímetros, centímetros y milímetros, esto con un margen de error de un milímetro.

Palabras claves: Nivel topográfico, procesamiento digital de imagines, correlación, gradiente de sobel, regleta topográfica.

ABSTRACT

This project, aims to improve the accuracy of all the data obtained of topographical levels. This because of the low visual field and the use of unreliable elements to obtain this data, as pens, papers, and others.

In the Peruvian industry, actually there are equipment to obtain digital topographical levels; nevertheless, those are very expensive. More or less, about 4th or 5th times more expensive than the regular equipment taken as reference to this project, the AT-B4.

The present thesis consist to make a design of an automatic detection system and to captures the topographical levels, for it is proposed implement a software that will allow the user to obtain information about the data collection of topographical levels, in order to improve the times used in the measurements taken and the accuracy thereof.

It is also required to implement a hardware which permits the coupling of a webcam to the equipment, this will be the AT – B4.

For our simulations and comparisons, we will be using a topographic leveling equipment and a webcam that will be connected to a computer and it will show the image of the lead. Likewise will perform the processing to obtain the desired values which will be about four digits: meters, decimeters, centimeters and millimeters, all of this having an error of a millimeter.

Key Words: topographic level, digital processing of images, correlation, sobel gradient, topographic lead.

INTRODUCCIÓN

Según la experiencia de los profesionales de topografía, el problema detectado es la imprecisión en la toma de datos por el bajo campo visual y la utilización de elementos poco confiables para la toma de estos, como lapiceros, hoja de datos, entre otros.

En el mercado peruano actualmente existen equipos de nivel topográfico digital; sin embargo, el costo de estos equipos tiene un valor aproximado entre 4 a 5 veces mayor del equipo tomado como referencia (AT – B4) para este proyecto.

La motivación principal para la investigación de esta tesis es porque este problema fue planteado directamente por una empresa como High Techno World, que pertenece al rubro Tecnología y que implica la solución de problemas reales de ingeniería.

Lo que se espera con la presente tesis es mostrar el diseño de un sistema automático de detección y registro de nivel topográfico utilizando procesamiento digital de imágenes vectoriales con técnicas estadísticas y algoritmos de correlación, por medio del software Matlab/Guide.

La tesis está estructurada en 5 capítulos, en el primero se da a conocer los antecedentes los cuales son motivación para el desarrollo del trabajo. A su vez, la investigación proporciona datos respecto a los trabajos alrededor del mundo mostrado el Estado del Arte Global de la tecnología. También se detalla la metodología seguida para lograr modelar el sistema automático de detección y registro de nivel topográfico. En el capítulo 2, Se detalla los análisis para cada uno de los modelamientos descritos en el capítulo 1. En el tercero, se muestra el Sistema Automático de Detección y Registro del Nivel Topográfico basado en Procesamiento Digital de Imágenes, para ir desglosando cada parte de este sistema completo; en ese sentido, mostraremos el diseño de las Arquitecturas del Procesamiento Digital de Imágenes y la propuesta de solución. En el capítulo 4, Se realizará las simulaciones y comparaciones, para ello

emplearemos un equipo de nivel topográfico de la Universidad San Martín de Porres – Facultad Ingeniería Civil. Las comprobaciones se realizaron con la aprobación de un Ingeniero Civil de la Universidad de San Martín de Porres, especialista en topografía. En el último capítulo, se da a conocer la utilidad del producto final y las discusiones.



1. Planteamiento del problema

Según la experiencia de los profesionales de topografía, el problema detectado es la imprecisión en la toma de datos por el bajo campo visual y la utilización de elementos poco confiables para la toma de estos, como lapiceros, hoja de datos, entre otros.

2. Objetivos

2.1 Objetivo general

Automatizar la toma de datos del nivel topográfico, utilizando procesamiento digital de imágenes vectoriales y técnicas de correlación tomando como referencia el modelo AT-B4, haciendo uso del software Matlab / Guide.

2.2 Objetivos específicos

- a) Se requiere implementar un software que permita el reconocimiento de números mediante PDI utilizando técnicas de correlación, para obtener la información respecto a la toma de datos de los niveles topográficos con un margen de error de un milímetro.
- b) Modelamiento matemático para obtener los caracteres en centímetro y milímetros.
- c) Modelamiento empleando operadores de Sobel para la extracción del área de interés.
- d) Se requiere implementar un hardware que permitirá el acople de la cámara digital con el equipo que se tomará como referencia: AT – B4, el cual permitirá la interacción del nivel.
- e) Lograr obtener un sistema automático de detección y registro del nivel topográfico.
- f) Se requiere lograr realizar una medición con el nivel topográfico a una distancia de 25 metros.

3. Limitaciones

No se pueden realizar medidas a más de 30 metros. Se tiene que acoplar todos los componentes al equipo de nivelación.

4. Justificación

Las medidas obtenidas del equipo automatizado, proporcionará un mayor nivel de precisión en la toma de datos, con un margen de error de un milímetro.

La toma de datos obtenidos del equipo automatizado se realizará de forma automática, así como el almacenamiento y cálculo de datos, para luego realizar su procesamiento en el software y obtener mayor exactitud de los datos.

Estas son algunas de las razones para el desarrollo del proyecto:

- Porque es una solución innovadora, cuya implementación implica una solución de ingeniería, para la toma de datos y la obtención de precisión en los mismos.
- Porque la solución al problema de toma de datos, implica la aplicación de criterios de diseño electrónico y computacional como:
 - ✓ Procesamiento Digital de Imágenes.
 - ✓ Procesamiento y cálculo de datos.
- Porque el producto a generar es relativamente menos costoso que las soluciones tecnológicas encontradas en el mercado actual.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes

A través de la historia sabemos que ha habido un gran número de aplicaciones de topografía en el mundo. El aumento de los costos de los terrenos y el progreso de la última parte del siglo XIX y sobre todo del siglo XX hizo que se inventaran diferentes instrumentos de medición topográfica y métodos en forma vertiginosa.

En las últimas décadas, se han conseguido más avances que en todos los siglos anteriores en lo relativo a las ciencias y a la tecnología. Así hoy en día contamos para los trabajos topográficos con un nivel topográfico de alta precisión, tanto los ópticos como los electrónicos, distanciómetros electrónicos de fuente luminosa y de fuente electromagnética, colimadores láser, la percepción remota por medio de fotografías aéreas de satélites artificiales, como se muestra en la siguiente imagen:



Figura N°1: Equipo de Nivel Topográfico – Marca Topcon – Modelo AT-B4.

Fuente: Internet

Los equipos topográficos han ido cambiando la tecnología con que realizan la medición. Es el caso del nivel topográfico, en la actualidad existen equipos de nivel topográfico automático los cuales tienen un precio muy elevado en

comparación con los equipos que solo usan el ojo humano para realizar la medición. Por tal motivo, se quiere aplicar los conocimientos en procesamiento digital de imágenes y métodos aprendidos durante los estudios universitarios para realizar las mediciones de desnivel entre dos puntos.



Figura N°2: Equipo de Nivel Automático – Marca Leica – Modelo NA728.

Fuente: Internet

Para María (2011):

Los métodos utilizados en los comienzos de las investigaciones en Procesamiento Digital de Imágenes específicamente en OCR fueron Template Matching y Análisis Estructural, también conocido como Feature Matching.

Los templates o prototipos eran diseñados artificialmente y también seleccionados o promediados de las pocas muestras de datos. A medida que el número de muestras se incrementaba, estos métodos se volvían insuficientes para representar la variabilidad de las formas de las muestras, y por lo tanto no permitían construir un clasificador de alta precisión.

Para poder aprovechar las ventajas de usar grandes conjuntos de datos, la comunidad científica dedicada al reconocimiento de caracteres orientó sus investigaciones a los métodos de clasificación basados en aprendizaje, especialmente las redes neuronales artificiales (RNA) a finales de los 80 y durante la década de 1990. Debido a la estrecha

relación entre las RNA y los métodos estadísticos de reconocimiento de patrones, estos últimos también fueron considerados ya que permitían mejorar los resultados. Actualmente, se estudian métodos de aprendizajes nuevos, como es el caso de las Máquinas de Soporte Vectorial. (P. 7).

1.2 Bases teóricas

1.2.1 Estado del arte global

El estado del arte mundial, en lo que respecta a procesamiento digital de imágenes está orientado a técnicas estadísticas, sistema de control de redes neuronales y máquinas de soporte vectorial y en forma más general los métodos denominados Kernel, así como también los métodos basados en la combinación de múltiples clasificadores, son activamente estudiados y aplicados en el área de reconocimiento de caracteres.

La pérdida de información al momento de tomar los datos del nivel topográfico es una de las principales problemáticas en las mediciones de topografía ya que solo usan el ojo humano para realizar la medición y los datos son escritos manualmente en una hoja de papel para luego digitalizados a un computador. Centrándonos en las técnicas estadísticas y en el algoritmo de correlación para solucionar el problema de la toma de datos topográficos. Se opta por estos sistemas, debido a sus diferentes cualidades, entre ellas el reconocimiento de caracteres, segmentación y el promedio de los pixeles más cercanos (K-Nearest-Neighbor), entre otras.

Básicamente las investigaciones en este campo se orientan a los siguientes aspectos: métodos de extracción de características, métodos de clasificación, y sistemas reconocedores basados en diferentes estrategias como, por ejemplo, orientadas a la combinación de clasificadores o a la utilización de módulos verificadores.

La investigación en métodos de extracción de caracteres ha ganado una importante atención debido a que el hecho de contar con un conjunto de características que permita discriminar entre patrones de distintas clases, tiene fuerte impacto en el resultado final de la clasificación. En general, los métodos de extracción de caracteres para el problema del reconocimiento de dígitos pueden agruparse según traten características estadísticas o estructurales. Las primeras se derivan de la distribución estadística de los puntos de la imagen, como momentos e histogramas. Las características estructurales se basan en propiedades geométricas y topológicas del carácter, como trazos y sus direcciones, intersecciones de segmentos y ciclos.

a) Modelamiento del diseño automático del nivel topográfico

Uno de los objetivos de la tesis es lograr automatizar el equipo de nivel topográfico.

Dada la complejidad de obtener el modelo matemático del sistema automático del nivel topográfico a lo largo de la Tesis, 7 ejes fueron planteados los cuales son:

- ✓ Modelamiento mediante escala de grises de la señal vectorial (RGB).
- ✓ Modelamiento de gradiente empleando operadores de Sobel (PDI)
- ✓ Modelamiento de binarización de la señal vectorial.
- ✓ Modelamiento mediante técnicas de procesamiento digital de imágenes (Etiquetado y Segmentación)
- ✓ Modelamiento matemático para tener la imagen en un tamaño estándar.
- ✓ Modelamiento matemático para procesar información de la regleta (Algoritmo propietario).
- ✓ Modelamiento mediante la función de correlación para procesamiento de información de los caracteres de la regleta de la parte numérica.

b) Modelamiento mediante escala de grises de la señal vectorial (RGB).

La escala de grises es la representación de una imagen en la que cada pixel se dibuja usando un valor numérico individual que representa su luminancia en una escala que se extiende entre blanco y negro.

En tratamiento digital de las imágenes, el término "escala de grises" se aplica al modo de color en el que cada elemento (píxel o de otro tipo) se describe dentro de una serie limitada de valores de un mismo tono neutro. En el caso de imágenes con una profundidad de 8 bits, los valores posibles teóricos son 256.

Si bien resulta que el ojo humano es mucho más sensible a los colores verdes y rojos que al azul, por lo que en cuanto a percepción de iluminación, nuestro ojo reconoce los patrones de iluminación en las siguientes proporciones de color:

- Rojo: 30%
- Verde: 59%
- Azul: 11%

Así que lo más adecuado es calcular el valor de cada componente de color con base a esta proporción y de este modo se obtiene el píxel de color gris con la iluminación adecuada para que nuestro ojo lo perciba como un mejor equivalente a su versión en color.

$$I_g(x,y) = 0.299I(x,y,1) + 0.587I(x,y,2) + 0.114I(x,y,3) \quad (1)$$






Figura N°3: Imagen en RGB.

Fuente: Propia

ESCAL
A DE
GRISES

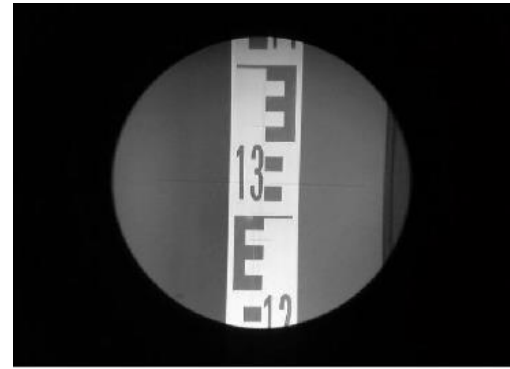



Figura N°4: Imagen en Escala de Grises.

Fuente: Propia.

c) Modelamiento de gradiente con operadores de Sobel (PDI)

La detección de contornos o bordes de una imagen es muy utilizada en procesamiento digital de imágenes en la actualidad, se tienen diferentes tipos de filtros para identificar los cambios de gradiente de una imagen. Los bordes de una imagen en escala de grises significa el cambio en el valor de luminancia que existe entre los píxeles vecinos.

El operador de Sobel es un filtro de aproximación al gradiente, el cual consiste en la primera derivada direccional de la imagen y nos indica los cambios que se producen en la dirección X o Y de la imagen.

Se recuerda que al realizar la primera derivada de una imagen expresa la tasa de cambio o la variación de luminancia.

Un operador gradiente se define como:

$$\nabla(I(x, y)) = \frac{\partial I}{\partial x} \vec{U}_x + \frac{\partial I}{\partial y} \vec{U}_y \quad (1)$$

Una manera para poder derivar una imagen en la dirección "X" o en la dirección "Y" es convolucionar la imagen con un operador gradiente en ambas direcciones como indica en las siguientes ecuaciones.

$$G_x = \frac{\partial I}{\partial x} = I(x, y) * h_1(x, y) \quad (2)$$

$$G_y = \frac{\partial I}{\partial y} = I(x, y) * h_2(x, y) \quad (3)$$

Como se muestra en las ecuaciones (3) y (4) la gradiente en dirección “X” será convolucionado por la matriz de Sobel horizontal 3x3 ($h_1(x, y)$) y en dirección de “Y” se convolucionará por la matriz de Sobel vertical 3x3 ($h_2(x, y)$). Teniendo las gradientes en ambas direcciones se puede obtener el módulo o magnitud de gradiente el cual expresa la fuerza de la variación de luminancia y viene dada por la siguiente ecuación.

$$|I(x, y)| = \sqrt{G_x^2(x, y) + G_y^2(x, y)} \quad (4)$$

Una aproximación a la gradiente de Sobel viene dada por:

Z_1	Z_2	Z_3
Z_4	Z_5	Z_6
Z_7	Z_8	Z_9

Dando lugar a las matrices del operador de Sobel h_1 y h_2 :

$$h_1 = \begin{pmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{pmatrix} \quad h_2 = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Las matrices mencionadas anteriormente se conocen como mascarar o filtro de Sobel.

Una de las ventajas de usar el operador de Sobel es que enfatiza los píxeles en el centro y ensancha los contornos de la imagen el cual nos favorece en la detección de la regleta del nivel topográfico.

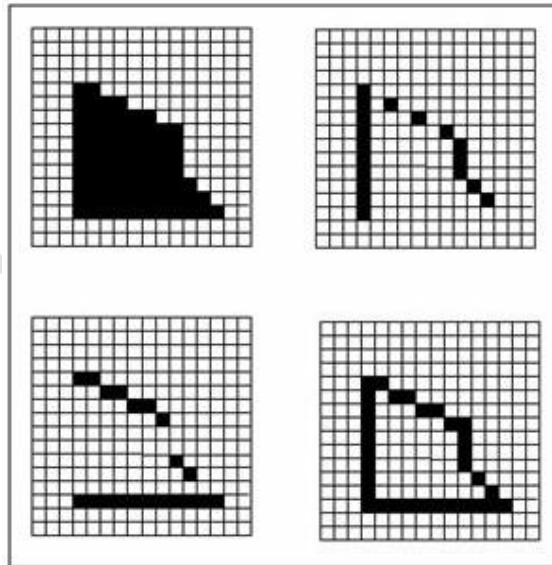


Figura N°5: Imagen original (superior izquierda). Pixels detectados por el operador horizontal (superior derecha). Pixels detectados por el operador vertical (inferior izquierda). Suma de las imágenes de bordes resultantes de aplicar los dos operadores. (Inferior derecha).

Fuente: Internet.

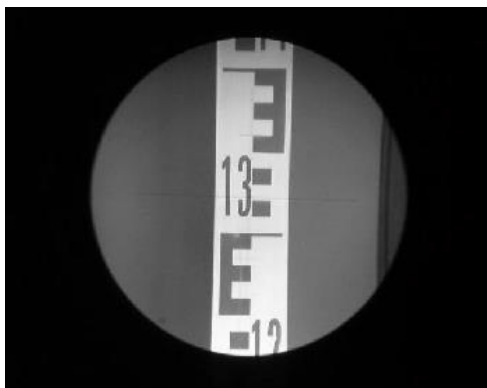


Figura N°6: Imagen en Escala de grises.

Fuente: Propia.

Imagen
Sobel

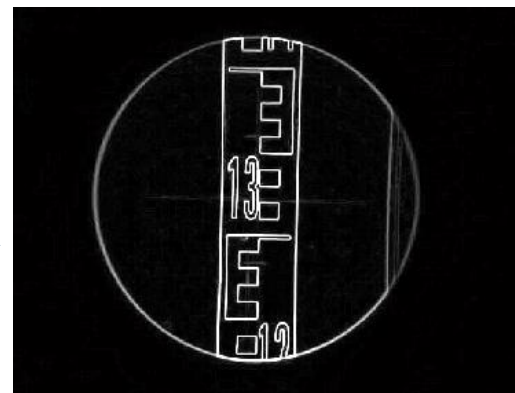


Figura N°7: Imagen de Sobel.

Fuente: Propia.

d) Modelamiento de binarización de la señal vectorial.

Para realizar la binarización de una imagen se tiene dos métodos, el método global y el método local.

El método local generalmente produce un mejor resultado que el método global incluso en situaciones donde la iluminación es variable. Sin embargo las limitaciones de procesamiento y memoria lo hacen difícil de implementar en diferentes dispositivos.

Los métodos globales tratan de encontrar un umbral para aplicar a toda la imagen, por tal razón optamos por el método global el cual se define de la siguiente manera.

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{SI } f(x, y) > T \\ 0 & \text{SI } f(x, y) \leq T \end{cases} \quad (5)$$

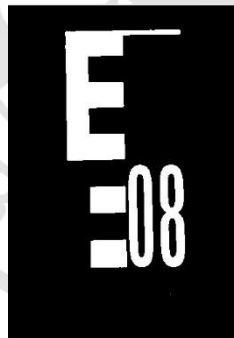


Figura N°8: Imagen Binarizada. **Fuente:** Propia.

Para definir el tamaño del umbral se recurre al algoritmo iterativo:

1. Se obtiene un estimado inicial del umbral T .
2. Se calcula la media de los valores debajo ($m1$) y sobre ($m2$) del umbral T .
3. Se calcula el nuevo umbral: $T = \frac{1}{2} (m1 + m2)$
4. Se repite el paso dos hasta que el nuevo umbral sea igual al umbral anterior.

e) Modelamiento mediante técnicas de procesamiento digital de imágenes (Etiquetado y Segmentación)

- **Segmentación**

La segmentación de imágenes divide la imagen en sus partes constituyentes hasta un nivel de subdivisión en el que se aislen las regiones u objetos de interés.

Los algoritmos de segmentación se basan en una de estas dos propiedades básicas de los valores del nivel de gris: discontinuidad o similitud entre los niveles de gris de píxeles vecinos.

- **Discontinuidad.** Se divide la imagen basándose en cambios bruscos de nivel de gris:
 - Detección de puntos aislados.
 - Detección de líneas.
 - Detección de bordes.
- **Similitud.** Se divide la imagen basándose en la búsqueda de zonas que tengan valores similares, conforme a unos criterios prefijados:
 - Crecimiento de región
 - Umbralización

- **Segmentación de imágenes mediante crecimiento de regiones**

Es un procedimiento que agrupa los píxeles o subregiones de la imagen en regiones mayores basándose en un criterio prefijado. Normalmente se empieza con unos puntos “semillas” para formar una determinada región, añadiendo aquellos píxeles vecinos que cumplan la propiedad especificada (por ejemplo, que estén en un rango de nivel de gris determinado).

La propiedad considerada en el crecimiento de regiones debe tener en cuenta la información sobre conectividad o adyacencia de la imagen.

- **Segmentación de imágenes mediante umbralización**

Un método básico para diferenciar un objeto del fondo de la imagen es mediante una simple binarización.

A través del histograma obtenemos una gráfica donde se muestran el número de píxeles por cada nivel de gris que aparece en la imagen. Para binarizar la imagen, se deberá elegir un valor adecuado (umbral) dentro de los niveles de grises, de tal forma que el histograma forme un valle en ese nivel. Todos los niveles de grises menores al umbral calculado se convertirán en negro y todos los mayores en blanco.

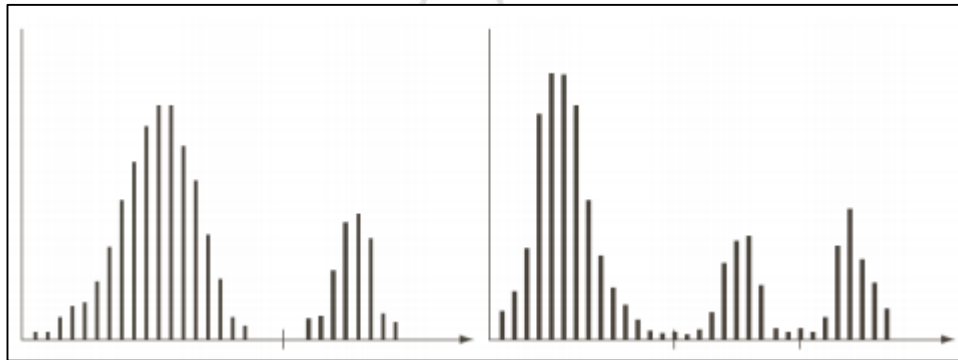


Figura N°9: Imagen de segmentación mediante umbralización.

Fuente: Internet.

Existen muchos métodos de búsqueda del umbral. A continuación exponemos algunos de ellos.

- **Segmentación de imágenes mediante histograma de la imagen - Método del valor medio**

Se usa el nivel medio de gris de la imagen como valor umbral.

Esta umbralización tendrá éxito si el objeto y el fondo ocupan áreas comparables en tamaño en la imagen.

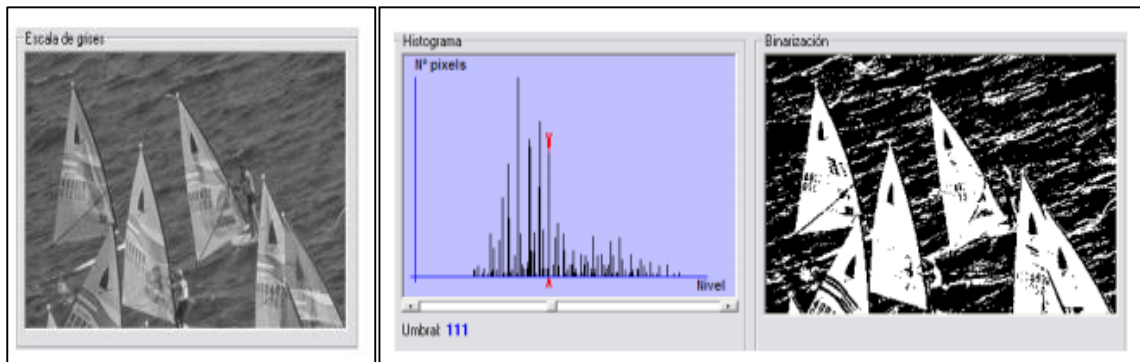


Figura N°10 Imagen de segmentación mediante Histograma.

Fuente: Internet.

- **Segmentación de imágenes mediante histograma de la imagen - Método del porcentaje de píxeles negros**

Dado un histograma, y un porcentaje de píxeles negros deseados, se determina el número de píxeles negros multiplicando el porcentaje por el número total de píxeles.

A continuación se cuentan el número de píxeles de cada nivel del histograma, empezando por el nivel cero, hasta llegar al número de píxeles negros deseados.

El umbral será el nivel de gris del histograma, en el que la cuenta llegue al número de píxeles negros deseados.

- **Etiquetado**

Cuando se hace una búsqueda de un objeto por color se busca su valor de umbral y una vez encontrado, se modifica cambiándolo a un valor definido. De esta forma aparecen valores homogéneos definidos en la imagen.

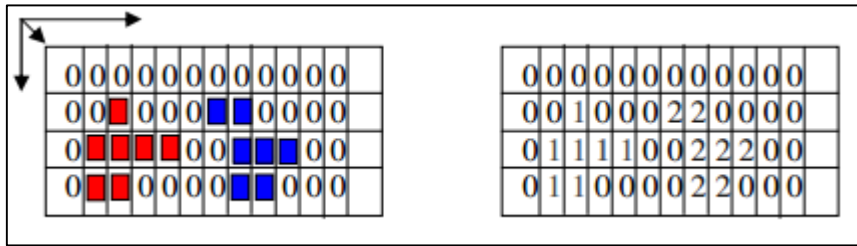


Figura N°11: Imagen de etiquetado.

Fuente: Internet.

De esta forma a cada valor homogéneo se le asigna un valor o etiqueta, de esta forma se puede conocer el número de objetos existentes en cada célula y de esta forma se identifica dentro del sistema. Siendo identificados todos los objetos totalmente.

Una vez en funcionamiento los métodos de procesamiento de imágenes, generan una salida específica en una matriz de 3x3.

f) Modelamiento matemático para tener la imagen en un tamaño estándar.

La reducción o ampliación de una imagen a un tamaño estándar es muy importante en el procesamiento digital de imágenes dado que se puede hacer comparaciones con una imagen ya definida y poder encontrar características similares en el reconocimiento de caracteres.

La fórmula matemática que se emplea para reducir una imagen $I_k(x, y)$ es:

$$\begin{aligned}
 I_1(x,y) &= , \text{ donde } x=0,1,\dots, M_1-1 \wedge y=0,1,2.., N_1-1 \longrightarrow M_1 \times N_1 \\
 I_2(x,y) &= , \text{ donde } x=0,1,\dots, M_2-1 \wedge y=0,1,2.., N_2-1 \longrightarrow M_2 \times N_2 \\
 I_3(x,y) &= , \text{ donde } x=0,1,\dots, M_3-1 \wedge y=0,1,2.., N_3-1 \longrightarrow M_3 \times N_3 \\
 &\vdots \\
 I_k(x,y) &= , \text{ donde } x=0,1,\dots, M_k-1 \wedge y=0,1,2.., N_k-1 \longrightarrow M_k \times N_k
 \end{aligned}$$

Reducción de imagen:

$$I'_1(X', Y') = \left(\frac{M_1 - 1}{P}\right) x (X'), \left(\frac{N_1 - 1}{T}\right) x (Y') \quad (6)$$

Siendo P y T el tamaño que se requiere reducir vertical y horizontalmente respectivamente.

g) Modelamiento matemático para procesar información de la regla (Algoritmo propietario).

En esta parte del modelamiento es para obtener los dígitos de centímetros y milímetros. Para obtener estos dígitos es con la letra “E” de la regla con la cual obtenemos una relación de pixel x milímetro.

Valores:

a = Alto de la letra “E”.

d = 500.

Varpxm = Relación de píxel con milímetros por cada un píxel existe un Varpxm milímetros.

P1 = Valor de píxel del primer punto.

P2 = Valor de píxel del inicio de la “E”.

Pc = Valor del píxel en la línea central.

Dpix = Diferencia de píxel.

R= Resultado.

- Regla de tres para saber el píxel en milímetro y nos da los dígitos de centímetros y milímetros.

$$R = 99 - \text{round} \left((Dpix \times 0.1) / \text{Varpxm} \right) \quad (7)$$

h) Modelamiento mediante la función de correlación para procesamiento de información de los caracteres de la regleta de la parte numérica.

La técnica de correlación de imágenes calcula el movimiento en cada uno de los puntos de las imágenes comparando la imagen en estudio con la imagen de referencia. Para el cálculo del movimiento, la imagen es dividida de forma uniforme en distintos conjuntos, generalmente cuadrados, llamados facetas. Cada faceta será procesada para calcular el valor medio de la escala de grises existente en cada una de ellas y se buscará la misma faceta en la imagen deformada.

Para el proceso de búsqueda en la imagen deformada se establece un área de análisis sobre la que se hará la correlación, esta área de búsqueda se especifica con el número de píxeles en el que se superponen los centros de las facetas. Para un punto P cualquiera de la imagen, una faceta cuadrada de dimensiones $(2M + 1) \times (2M + 1)$ de píxeles centrada en el punto $P = (X_0, Y_0)$ de la imagen de referencia es elegida y buscada en la imagen deformada.

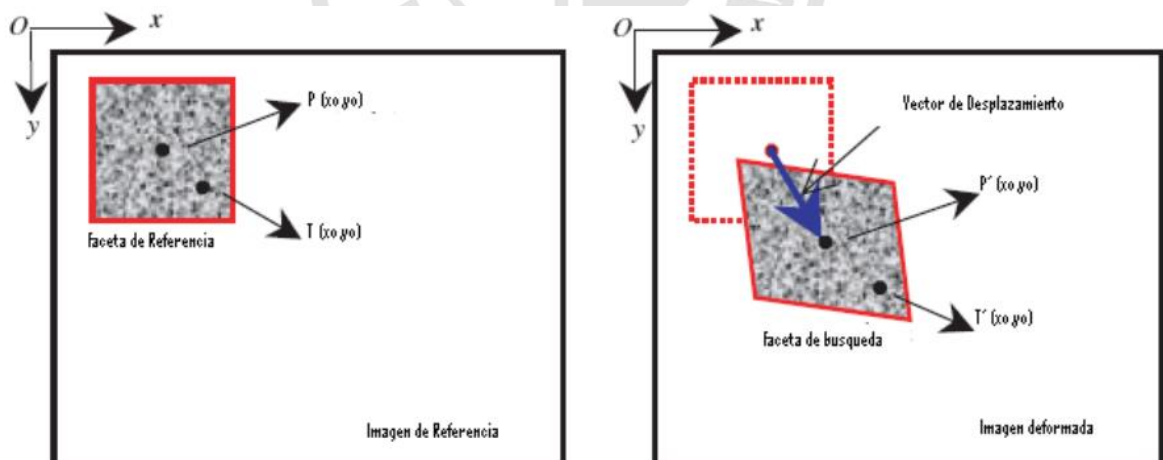


Figura N°12: Imagen de Correlación

Fuente: Internet.

Para el procesamiento de las imágenes y una optimización del proceso de cálculo del vector desplazamiento, se tiene la función de correlación cruzada

donde la función $f(X_i, Y_j)$ y $g'(X'_i, Y'_j)$ corresponden al cálculo del valor en la escala de grises que tiene la imagen de referencia y en la imagen deformada, evaluándolo para cada píxel en la fila i y columna j en la en la faceta cuadrada de lado M .

Función de correlación Cruzada (CC):

$$C_{cc} = \sum_{i=-M}^M \sum_{j=-M}^M [f(X_i, Y_j)g(X'_i, Y'_j)] \quad (8)$$

1.3 Definición de términos básicos

➤ **Nivel Topográfico.**

El nivel topográfico, es un instrumento que tiene como finalidad la medición de desniveles entre puntos que se hallan a distintas alturas. A continuación se muestra un ejemplo básico de como hallar el desnivel entre dos puntos.

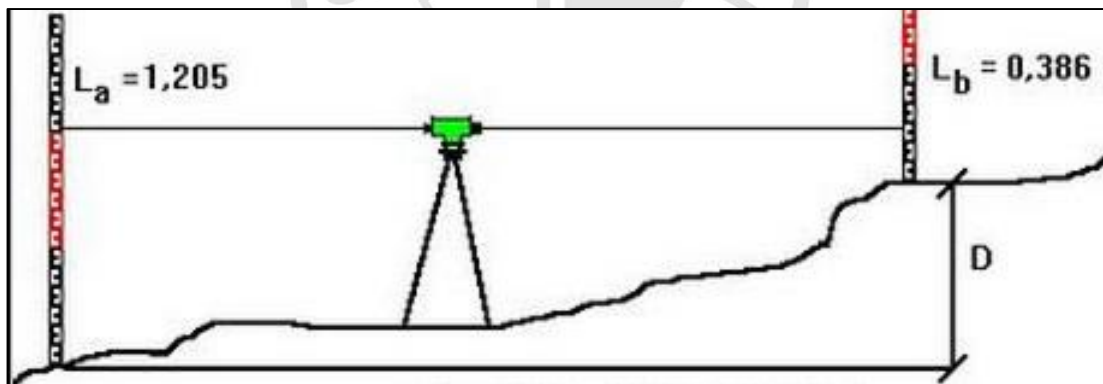


Figura N°13: Nivelación topográfica. **Fuente:** Internet

Obtención del desnivele:

$$D = 1,205 - 0,386 = 0,819 \text{ mts.}$$

Existen diferentes tipos o métodos de nivelación, por lo que este proyecto solo está enfocado en dos tipos de nivelación uno es la nivelación abierta y la otra es la nivelación cerrada.

- **Nivelación Abierta:**

Una nivelación abierta será cuando no tiene comprobación; consiste en partir de una cota conocida para llegar posteriormente a un punto de cota desconocida.

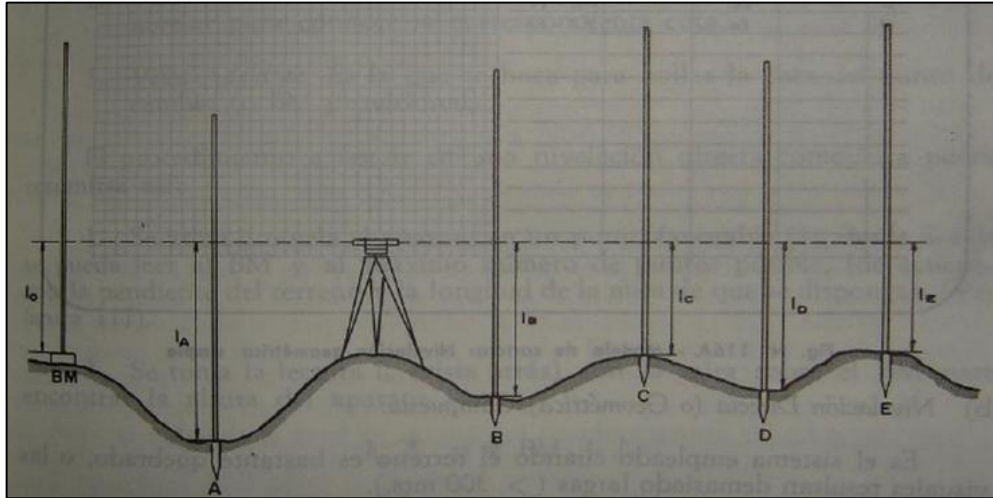


Figura N°14: Nivelación simple o abierta. **Fuente:** Internet.

- **Nivelación Cerrada:**

Una nivelación cerrada es aquella en que se puede comprobar el error de cierre, ya que parte de un punto con una cota conocida y posteriormente luego de seguir un itinerario topográfico determinado, se llegará a otra cota conocida, pudiendo tratarse incluso del mismo punto de partida.

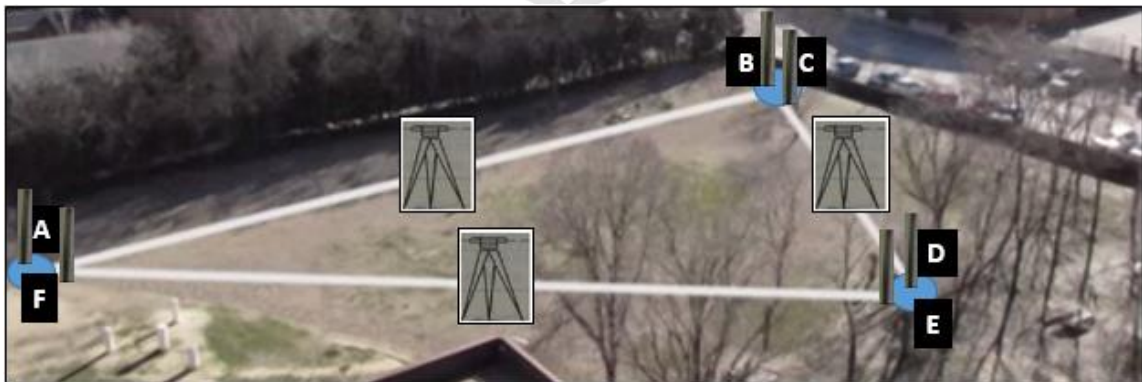


Figura N°15: Nivelación cerrada. **Fuente:** Internet.

➤ **Mira o Regleta**

Las regletas están graduadas en metros, decímetros y centímetros, la lectura se realiza precisando hasta el milímetro.

Las regletas tienen dos lados; un lado se puede observar hasta los centímetros y el otro lado se puede observar hasta los milímetros, como se muestra en la siguiente imagen.

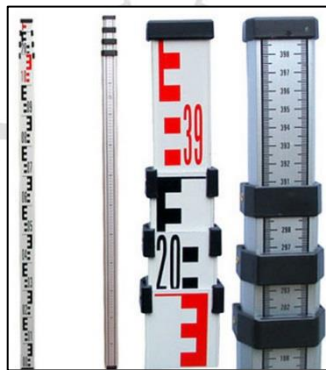


Figura N°16: Nomenclatura de la regleta.

Fuente: Internet.

La lectura de la regleta es de la siguiente manera.

El primer dígito es en metro y el segundo dígito es en decímetro, por lo consiguiente la lectura sería 0.4 metros.

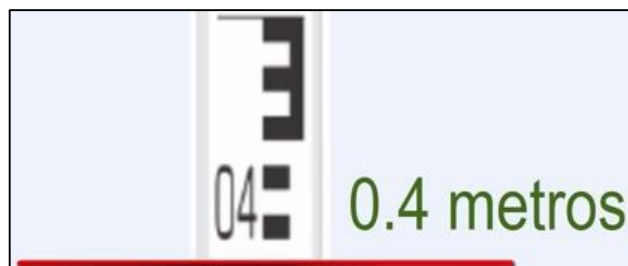


Figura N°17: Lectura en metros. **Fuente:** Internet.

Ahora para la lectura de los centímetros, cada cuadrado equivale a un centímetro.



Figura N°18: Lectura en centímetros de la parte frontal. **Fuente:** Internet.

Si queremos observar hasta los milímetros es por el otro lado de la regla.



Figura N°19: Lectura en milímetros de la parte posterior de la regla. **Fuente:** Internet.

➤ **Diagrama de Bloques del proyecto.**

A continuación se muestra el proceso del recorte de la imagen de la regleta del nivel topográfico, esto se realiza por procesamiento digital de imágenes.

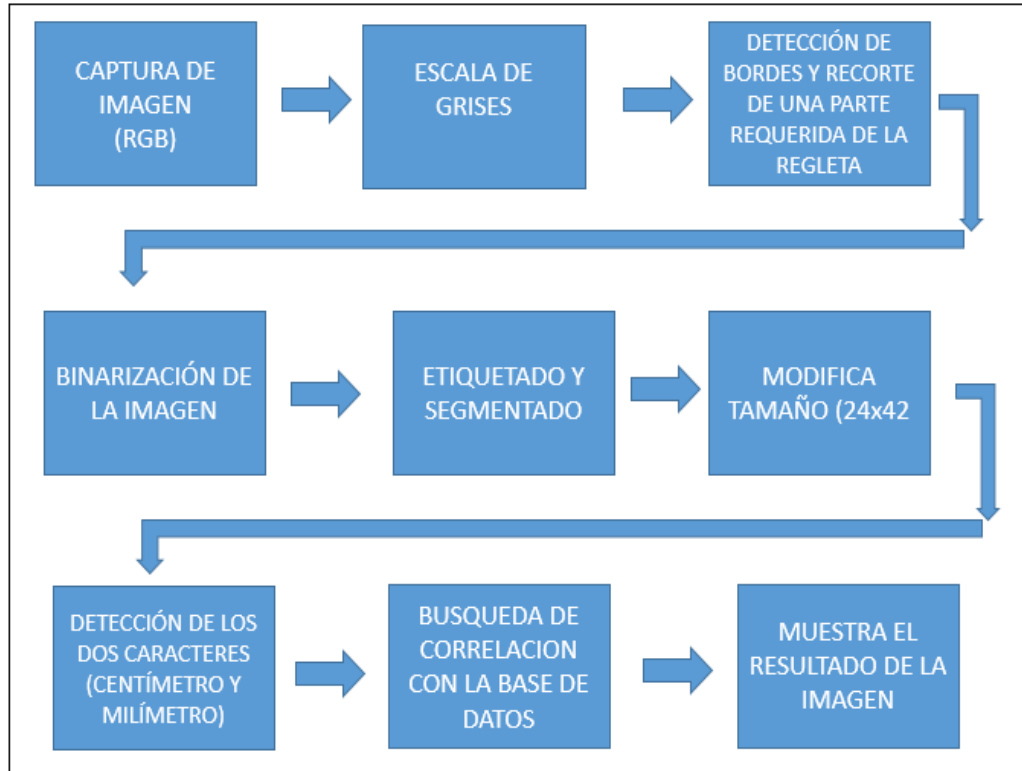


Figura N°20: Diagrama de bloques. **Fuente:** Propia.

CAPÍTULO II METODOLOGÍA

2.1 Material

Para este proyecto se emplearon los siguientes materiales:

- Cámara Web.
- Nivel Topográfico.
- Trípode.
- Regleta.
- Estructura para la Cámara Web.

A continuación se detallada cada uno de los materiales.

2.1.1 Cámara Web

Tabla N° 1: Información de la versión de la cámara web, nombre del producto.

Información de la versión	
Nombre del Producto	Microsoft LifeCam Cinema
Versión del Producto	Microsoft LifeCam Cinema
Versión de la	Microsoft LifeCam Cinema Webcam

Fuente: Internet

Tabla N° 2: Descripción de las dimensiones de longitud, ancho, peso y profundidad de la cámara web.

Dimensiones del Producto	
Webcam Longitud	2.20 pulgadas (55.9 milímetros)
Webcam Ancho	1.81 pulgadas (46.0 milímetros)
Webcam Profundidad / Altura	1.58 pulgadas (40.0 milímetros)
Webcam Peso	3.36 onzas (95.3 gramos)
Webcam Longitud del cable	72.0 pulgadas +6/-0 pulgadas (1829 milímetros +152/-0 milímetros)

Fuente: Internet

Tabla N° 3: Compatibilidad y Localización de la cámara web.

Compatibilidad y Localización	
Interfaz	Compatible con la especificación USB 2.0 de alta velocidad
Sistema Operativo 1	<ul style="list-style-type: none"> • Microsoft Windows® 8.1, Windows 8, Windows RT 8.1, Windows RT 8, and Windows 7 • Macintosh OS X v10.7-10.9 • Android 3.2 and 4.2 <p>1 funcionalidad avanzada no disponible con todos los dispositivos y / o sistemas operativos.</p>
Requisitos del Sistema Top-line	<p>Requiere un PC que cumpla con los requisitos para instalar uno de estos sistemas operativos: • Microsoft Windows 8.1, Windows 8 o Windows 7</p> <p>Para VGA de video llamada: • Procesador Intel Dual Core 1.6 GHz o superior • 1 GB de RAM</p> <ul style="list-style-type: none"> • 1,5 GB • USB 2.0 necesario <p>Altavoces o auriculares compatibles con Windows •</p>

	<p>Para la grabación HD 720p:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Intel Dual Core 3.0 GHz o superior • 2 GB de RAM • 1,5 GB • USB 2.0 necesario Altavoces o auriculares compatibles con Windows •
Compatibilidad Logos	<ul style="list-style-type: none"> • Compatible with Microsoft Windows 8 and Windows RT • Optimizado para Microsoft Lync • Skype Certified
Localización de software	<p>de Software de Microsoft LifeCam versión 3.0 puede ser instalado en chino simplificado, chino tradicional, Inglés, francés, alemán, italiano, japonés, coreano, portugués de Brasil, portugués ibérico, ruso o español. Si está disponible, la configuración estándar se instalará el software en el idioma del sistema operativo por defecto. De lo contrario, se instalará la versión en Inglés.</p>

Fuente: Internet

Tabla N° 4: Descripción de las características de integración con Windows Live.

Características de Integración Windows Live™		
Vídeo Conversación	Windows Live call button delivers one touch access to	Característica video conversation
Vida del Botón de llamada	10,000 actuaciones	
Controles y efectos de webcam	LifeCam Dashboard proporciona acceso a los efectos de vídeo animadas y controles de cámara web	
Windows Live Integración Características	La integración de Windows Live Photo Gallery - Tome una foto con LifeCam software, a continuación, con un solo clic Galería de fotos abierta para editar, etiquetar y compartir en línea	

La integración con Windows Live Movie Maker -
 Graba un video con software LifeCam y empezar un
 proyecto de película en Movie Maker con un solo clic
 para luego subirlo a su sitio de red favorito

Fuente: Internet

Tabla N° 5: Descripción de las características de las imágenes, resolución, campo de visión de las imágenes capturadas.

Características de la Imagen	
Sensor	CMOS sensor technology
Resolución	<ul style="list-style-type: none"> • Movimiento vídeo: 1280 x 720 píxeles de vídeo • Imagen fija: hasta 5 megapíxeles (2880x1620 píxeles, interpolados) fotos *
Tasa imágenes	Hasta 30 imágenes por Segundo
Campo de visión	73 ° Campo de visión diagonal
Características de la Imagen	<ul style="list-style-type: none"> • Pan digital, inclinación y zoom • Enfoque automático, van desde 6 "hasta el infinito • Ajuste de imagen automática con control manual

Fuente: Internet

Tabla N° 6: Descripción de las características de audio y respuesta en frecuencia.

Características de audio	
Características de audio	de Micrófono digital unidireccional integrado
Respuesta frecuencia	de 200Hz to 8000Hz, +/- 4dB

Fuente: Internet

Tabla N° 7: Descripción de las características en el cual trabaja el equipo, temperatura, humedad y almacenamiento.

Características del Rendimiento del producto	
Características de montaje	de Escritorio, portátil, LCD, CRT y base de fijación universal,
Temperatura y almacenamiento	y -40 ° F (-40 ° C) a 140 ° F (60 ° C) en <5% a 65% de humedad de humedad relativa (sin condensación)
Temperatura y Humedad funcionamiento	y 32 ° F (0 ° C) a 104 ° F (40 ° C) en <5% a 80% de de humedad relativa (sin condensación)

Fuente: Internet

Tabla N° 8: Información de certificación ISO, agencia y regulatorios de marcas de la cámara web.

Información de certificación	
País de Fabricación	República Popular de China (RPC)
ISO 9001 Calificado Fabricante	Si
ISO 14001 Calificado Fabricante	Si
Restricción Sustancias Peligrosas	de Este dispositivo cumple con todas las normas internacionales aplicables y las restricciones, incluyendo, pero no limitado a: Directiva 2002/95 / CE de la UE sobre la restricción del uso de ciertas sustancias peligrosas en equipos eléctricos y Evaluación de Registro de la UE y Autorización de Sustancias Químicas (REACH) de aparatos eléctricos y la regulación relativa a las sustancias altamente preocupantes.
FCC ID	Este dispositivo cumple con la Parte 15 de las

normas de la FCC y de Industry Canada ICES-003. La operación está sujeta a las dos condiciones siguientes: (1) Este dispositivo no puede causar interferencias perjudiciales, y (2) este dispositivo debe aceptar cualquier interferencia recibida, incluyendo interferencias que puedan causar una operación no deseada. Acreditado el cumplimiento de las normas de la FCC. Para uso en el hogar y la oficina. Número de modelo: 1393, LifeCam Cinema.

Agencia y Regulatorios Marcas	<ul style="list-style-type: none">• Declaración de conformidad de la ACMA (Australia y Nueva Zelanda)• Informe de la norma ICES-003 en el archivo (Canadá)• Marcar EIP Control de la Contaminación, EPUP (China)• Declaración de conformidad CE (Unión Europea) • RAEE (Unión Europea) • Certificado VCCI (Japón)• Certificado KCC (Corea)• Certificado GOST (Rusia)• Carta CITC (Reino de Arabia Saudita)• Certificado UkrSEPRO (Ucrania)• Declaración de conformidad FCC (EE.UU.)• UL y cUL Listado de accesorios (EE.UU. y Canadá)• Certificado CB Scheme (Internacional)
-------------------------------	--

Kit de Certificación de Windows (WCK)	ID: 1608354 (32-bit) and 1608357 (64-bit) Microsoft Windows 8.1
---------------------------------------	---

Fuente: Internet

2.1.2 Nivel Topográfico

Tabla N° 9: Descripción de las características y especificaciones físicas del equipo de nivel topográfico.

MODELO	AT-B4
MEDICIÓN DE ÁNGULOS	
Precisión	2.0 mm
Con micrómetro	-
TELESCOPIO	
Longitud	215 mm
Diámetro del objetivo	32 mm
Aumento de lente	24 x
Imagen	Recta
Campo visual	1°25'
Distancia mínima de enfoque	0.2 m
COMPENSADOR	
Tipo	Magnético
Rango	±15 pies
Precisión	0,5 pulg.
CIRCULO HORIZONTAL	
Tipo	Anillo exterior
Diámetro	103 mm
División mínima	1°/1 gon
ESPECIFICACIONES FÍSICAS	
Nivel circular	10 pies/2 mm
Base	Estándar

nivelante	
Peso	1.7 Kg
Protección	IPX6 (IEC 60529:2001)
Rango de temperatura	(-20°C a +50°C)

Fuente: Internet.

2.1.3 Trípode

El trípode es la parte que va fija al suelo y este se acopla al nivel topográfico.



Figura N°21: Trípode del nivel topográfico. **Fuente:** Propia.

2.1.4 Regleta

A continuación se muestra los dos lados de la regleta con la cual el operario observa por el nivel topográfico.

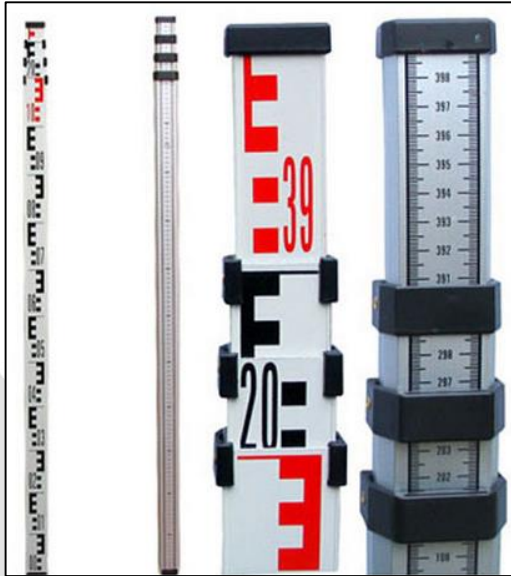


Figura N°22: Regleta del nivel topográfico. Fuente: Internet.

2.1.5 Estructura para la Cámara Web

En la figura N°23 se observa la estructura de acople elaborada y operando junto con el equipo de nivelación.

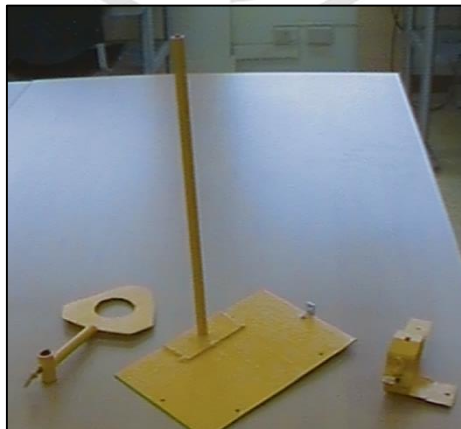


Figura N°23: Estructura de acoplamiento desarrollada. Fuente: Propia.

2.2 Métodos

A continuación se presentan los análisis para el reconocimiento de caracteres y la captura de la imagen de la regleta del nivel topográfico.

- **Análisis de cambio de gradiente empleando operadores de Sobel (PDI) para la detección de los contornos de la regleta del nivel topográfico.**

Una vez capturada la imagen en formato RGB y convertida en formato de escala de grises, se desea obtener los contornos o bordes verticales y horizontales respectivamente.

Primero, se desea obtener los bordes verticales de la imagen de la regleta del nivel topográfico para conocer qué puntos de la imagen necesitamos para poder extraer solo la regleta. Para esto, vamos a detectar el cambio de gradiente mediante el operador de Sobel en el eje vertical.

Se tiene la matriz de la imagen en escala de grises:

Columns 1 through 15														
234	233	232	232	231	231	232	232	231	231	231	231	231	231	231
232	231	230	230	229	229	230	230	232	232	232	232	232	232	232
234	234	233	232	232	232	232	233	233	233	233	233	233	233	233
236	236	235	234	234	234	234	234	233	233	233	233	233	233	233
233	233	232	231	231	231	231	231	233	233	233	233	233	233	233
234	233	232	232	231	231	232	232	233	233	233	233	233	233	233
235	234	234	233	233	233	233	233	232	232	232	232	232	232	232
232	231	230	230	229	229	230	230	231	231	231	231	231	231	231
229	228	227	227	226	226	226	226	233	231	233	233	237	231	234
198	198	197	197	197	197	197	197	193	192	191	202	222	234	234
147	147	147	146	147	147	148	148	147	150	144	160	214	232	229
131	131	130	130	131	132	132	133	129	136	128	145	220	237	228
131	131	131	131	131	132	133	134	130	142	137	150	235	244	233
126	126	125	125	125	126	126	127	127	138	140	151	237	242	234
129	129	128	128	128	128	128	128	124	128	135	146	231	236	236
126	126	125	124	124	124	124	124	128	126	134	145	230	238	241
127	126	125	124	124	125	126	127	133	124	146	148	237	232	238
127	126	125	124	124	125	126	127	132	124	144	150	237	231	238
127	127	126	125	125	126	127	127	131	126	141	153	237	231	237
128	127	126	125	125	126	127	128	129	128	138	159	239	231	237
129	128	127	126	126	127	128	129	128	131	135	165	241	231	238
129	129	128	127	127	128	129	129	127	135	132	172	244	233	239
130	129	128	127	127	128	129	130	127	138	131	178	246	234	240
130	129	128	128	128	128	129	130	127	139	130	181	247	235	241
133	131	130	129	129	130	131	133	132	134	126	172	244	235	241
133	131	130	129	129	130	131	133	132	134	126	172	244	235	241

Figura N°24: Matriz de la imagen en escala de grises. Fuente: Propia.

Se tiene el operador de Sobel Vertical:

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

Hallando la gradiente en dirección vertical:

$$G_y = \frac{\partial I}{\partial y} = I(x, y) * h_2(x, y) \quad (9)$$

Se extrae 3 submatrices de la imagen para convolucionar con la matriz del operador de Sobel.

234	233	232
232	231	230
234	234	233

$$G_y = (-1)234 + (-2)232 + (-1)234 + (1)232 + (2)230 + (1)233 = -7$$

$$|G_y| = 7$$

132	133	129
133	134	130
126	127	127

$$G_y = (-1)132 + (-2)133 + (-1)126 + (1)129 + (2)130 + (1)127 = -8$$

$$|G_y| = 8$$

172	244	233
178	246	234
181	247	235

$$G_y = (-1)172 + (-2)178 + (-1)181 + (1)233 + (2)234 + (1)235 = 227$$

$$|G_y| = 227$$

Matriz Resultante:

Columns 1 through 15

7	5	4	3	3	4	4	3	0	0	0	0	0	0	4
5	7	4	1	1	3	3	1	0	0	0	0	0	0	1
4	8	4	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
5	7	4	1	1	1	4	4	0	0	0	0	0	0	0
6	5	4	2	2	2	3	3	0	0	0	0	0	0	1
6	4	4	2	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	4
7	4	4	3	2	2	8	6	0	6	2	3	4	2	5
7	4	3	3	1	1	11	6	2	22	27	26	20	4	3
4	4	1	0	1	1	2	3	7	36	130	133	43	1	9
2	4	1	4	3	3	9	2	9	39	255	255	50	0	24
2	3	2	6	5	5	10	16	2	36	255	255	29	6	30
2	2	1	5	6	6	8	30	26	38	255	255	1	11	24
3	3	0	3	4	4	4	5	30	44	52	255	255	3	11
4	5	1	1	1	1	3	13	41	68	255	255	18	9	9
5	7	3	1	2	2	11	1	36	80	255	255	28	1	3
7	8	4	3	6	6	24	7	44	93	255	255	14	13	7
7	8	4	4	8	7	23	10	47	103	255	255	3	19	4
6	8	4	4	8	6	16	5	41	111	255	255	1	16	0
7	8	4	4	8	7	8	1	35	123	255	255	7	13	3
7	8	4	4	8	7	0	10	28	136	255	255	13	10	3
6	8	4	4	8	6	6	22	21	148	255	244	19	6	1
7	7	3	3	7	7	8	31	16	159	255	227	23	3	1
9	6	2	2	6	9	5	27	4	162	255	227	21	5	3
11	7	3	3	7	11	1	12	15	156	255	243	15	12	4
133	131	130	129	129	130	131	133	132	134	126	172	244	235	241
133	131	130	129	129	130	131	133	132	134	126	172	244	235	241

Figura N°25: Matriz resultante luego de aplicar la gradiente de Sobel en dirección vertical.

Fuente: Propia.

Finalmente, se obtiene la matriz resultante de haber aplicado el operador de Sobel en dirección vertical y resaltando los contornos de la regleta del nivel topográfico para luego hacer un etiquetado y un barrido horizontal en la imagen, para detectar solo el contorno de la regleta y recortarlo tal como se muestra en la siguiente figura.

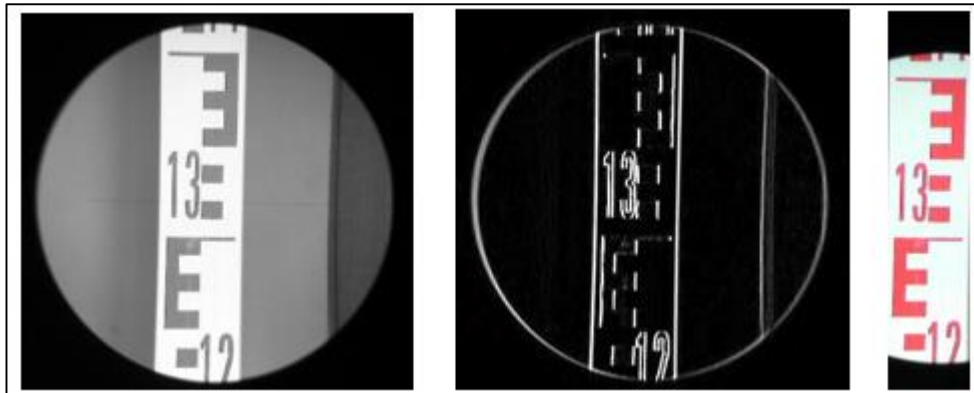


Figura N°26: Secuencia del recorte de la regleta del nivel topográfico. **Fuente:** Propia.

A continuación, se vuelve aplicar la gradiente de Sobel en dirección Horizontal para resaltar los contornos de la imagen y obtener la parte de la imagen que deseamos para realizar el procesamiento y obtener los valores de metros, decímetros, centímetros y milímetros.

Aplicamos la gradiente de Sobel a la imagen obtenida en el paso anterior.

Se tiene la matriz de la imagen en escala de grises.

Columns 1 through 15

244	231	242	232	244	237	230	227	238	241	240	237	238	244	246
243	234	243	228	240	240	237	232	239	242	241	236	235	237	237
242	236	246	228	240	245	245	241	241	243	244	241	241	243	242
242	233	245	231	240	238	237	238	237	238	237	236	237	238	238
243	229	243	236	243	232	231	239	242	240	237	236	235	235	237
242	230	243	233	241	235	240	251	236	233	233	237	239	240	243
241	232	233	198	197	200	207	210	224	223	226	233	236	235	236
240	233	216	150	133	137	140	131	131	129	131	136	134	126	121
242	237	235	235	232	228	226	228	223	216	210	208	207	202	199
242	237	235	236	236	233	231	232	235	232	232	235	237	235	234
244	238	234	237	241	240	238	237	238	238	240	243	242	238	237
246	238	234	238	244	243	240	238	235	235	237	237	233	227	226
247	239	235	238	243	243	239	237	239	238	239	240	238	235	238
246	239	236	239	242	240	238	237	243	240	240	241	240	238	241
243	239	237	239	241	239	238	240	242	237	236	237	237	235	234

Figura N°27: Matriz de la imagen en escala de grises. **Fuente:** Propia.

Se tiene el operador de Sobel Horizontal:

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

Hallando la gradiente en dirección Horizontal:

$$Gy = \frac{\partial I}{\partial x} = I(x, y) * h_1(x, y) \quad (10)$$

Se extrae 3 submatrices de la imagen para convolucionar con la matriz del operador de Sobel.

244	231	242
243	234	243
242	236	246

$$Gy = (-1)244 + (-2)231 + (-1)242 + (1)242 + (2)236 + (1)246 = 12$$

$$|Gy| = 12$$

207	210	224
140	131	131
226	228	223

$$Gy = (-1)207 + (-2)210 + (-1)224 + (1)226 + (2)228 + (1)223 = 54$$

$$|Gy| = 54$$

237	233	227
240	238	235
241	240	238

$$Gy = (-1)237 + (-2)233 + (-1)227 + (1)241 + (2)240 + (1)238 = 29$$

$$|Gy| = 29$$

Matriz Resultante:

Columns 1 through 15														
12	9	8	4	27	52	46	22	11	14	15	9	3	14	16
1	6	8	1	4	4	10	2	14	12	2	5	5	8	4
16	5	16	1	37	43	17	3	12	22	23	25	27	18	1
8	5	3	1	2	16	28	6	15	12	0	7	11	21	32
6	55	132	162	134	109	100	82	63	42	16	1	0	2	3
23	134	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255
13	46	111	135	110	84	54	9	31	64	95	116	132	147	156
29	128	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255	255
3	1	12	32	45	45	45	61	89	117	135	141	145	152	156
5	1	11	28	37	34	21	9	11	15	5	14	28	30	27
6	4	5	8	9	5	2	2	0	5	11	14	9	4	22
4	6	2	6	10	8	4	20	21	15	18	29	44	57	46
2	5	2	7	11	3	8	8	2	10	10	5	5	17	22
246	239	236	239	242	240	238	237	243	240	240	241	240	238	241
243	239	237	239	241	239	238	240	242	237	236	237	237	235	234

Figura N°28: Matriz resultante luego de aplicar la gradiente de Sobel en dirección Horizontal.

Fuente: Propia.

Finalmente, se obtiene la matriz resultante de haber aplicado el operador de Sobel en dirección Horizontal y resaltando los contornos de la regleta del nivel topográfico, conociendo el punto medio de la imagen principal y haciendo un barrido vertical se obtendrá la imagen requerida para realizar el procesamiento.

- **Análisis del etiquetado y segmentación de la región de la imagen con información deseada.**

Para el cálculo del etiquetado y segmentado se calculará de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 I1(x,y) &= , \text{ donde } x=0,1,\dots, M1-1 \wedge y=0,1,2\dots, N1-1 & \longrightarrow & M1 \times N1 \\
 I2(x,y) &= , \text{ donde } x=0,1,\dots, M2-1 \wedge y=0,1,2\dots, N2-1 & \longrightarrow & M2 \times N2 \\
 I3(x,y) &= , \text{ donde } x=0,1,\dots, M3-1 \wedge y=0,1,2\dots, N3-1 & \longrightarrow & M3 \times N3 \\
 & \vdots & & \\
 & \vdots & & \\
 IK(x,y) &= , \text{ donde } x=0,1,\dots, MK-1 \wedge y=0,1,2\dots, NK-1 & \longrightarrow & MK \times NK
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

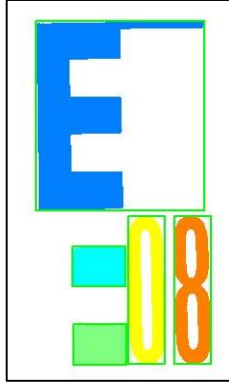


Figura N°29: Imagen del Etiquetado y Segmentación de la regleta. **Fuente:** Propia.

➤ **Análisis de la imagen de los caracteres numéricos para obtener un tamaño estándar.**

- Para el cálculo de un tamaño estándar de la imagen se realizará de la siguiente manera:

$$I'1(x',y')=I1 (\text{round}((M1-1)/41)x (x') , (\text{round}((N1-1)/23)x (y'))$$

$$\begin{aligned} x' &= 0, \dots, 41 \\ y' &= 0, \dots, 23 \end{aligned}$$

(12)

MxN=156x38

MxN=100x50

MxN=42x24

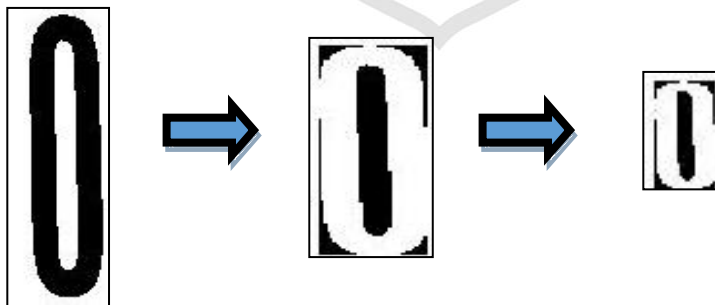


Figura N°30: Imagen reducida en un tamaño de 42x24. **Fuente:** Propia.

- **Análisis de la imagen del caracter “E” para obtener la información de la regla en centímetros y milímetros.**

Para el cálculo de la obtención del reconocimiento del tercer y cuarto número se realizará de la siguiente manera:

Primero, se tiene que segmentar el área de trabajo.

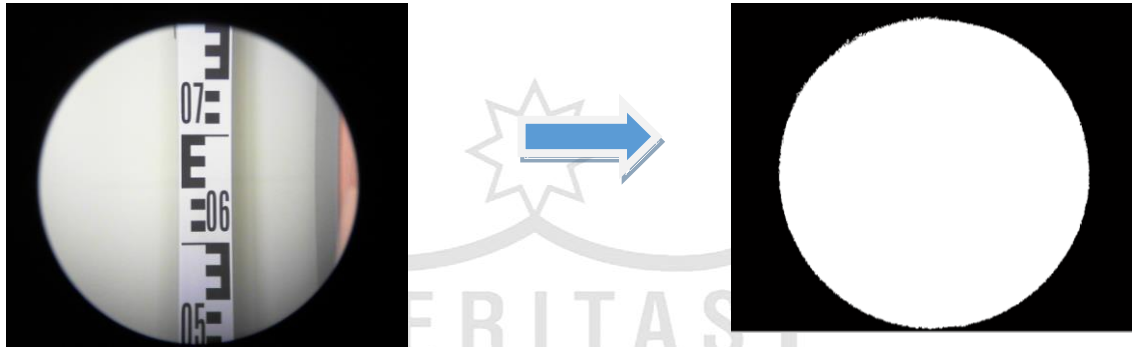


Figura N°31: Muestra la segmentación del área de trabajo. **Fuente:** Propia.

- Luego se halla los puntos medios superior e inferior

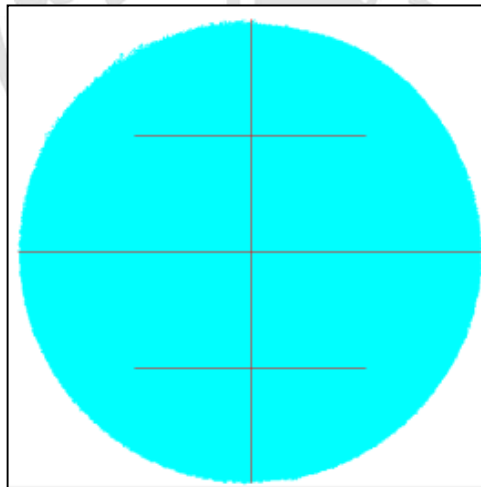


Figura N°32: Muestra el cálculo de los puntos hilo medio, hilo superior e hilo inferior. **Fuente:** Propia.

Luego, se obtiene la relación pixel / milímetro.

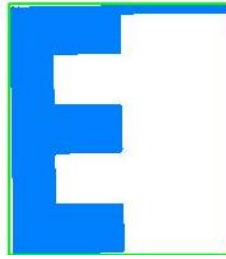


Figura N°33: Imagen del caracter "E". **Fuente:** Propia.

a = Alto de la letra "E".

d = 500.

$\text{Varpxm}=(a/d)$

(13)

- Se realiza el cálculo de la diferencia entre el punto inicial de la letra "E" con el punto central de la imagen.

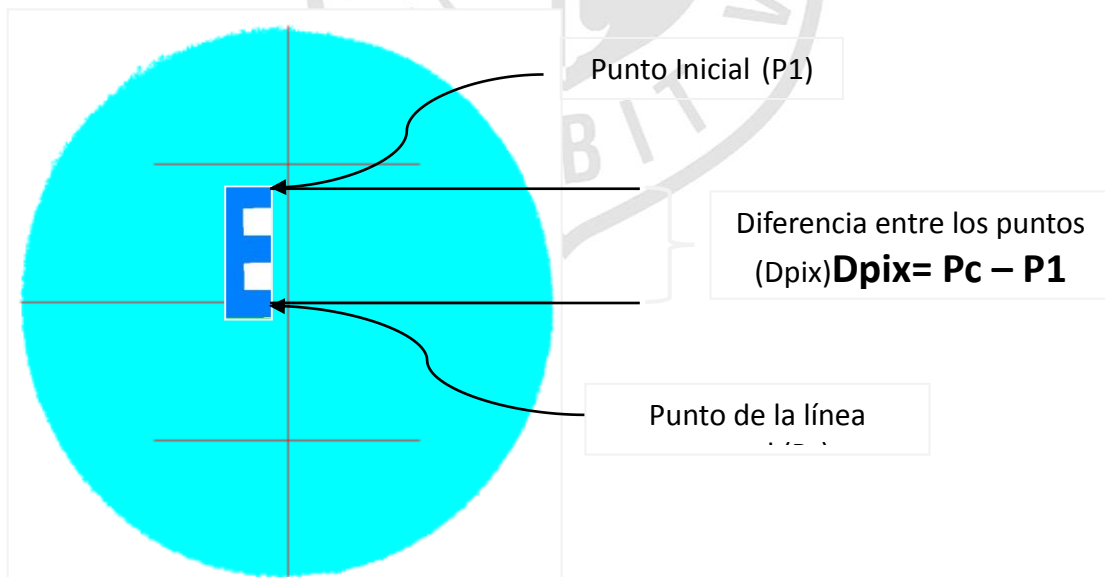


Figura N°34: Diferencia entre el Punto de la línea central y el Punto Inicial. **Fuente:** Propia.

- Luego, se procede a calcular mediante una regla de tres para poder hallar los centímetros y milímetros.

Varpxm (pixel) -----> 0.1 mm
 Dpix (pixel) -----> X mm

$$x = \frac{Dpix (pixel) * 0.1 mm}{Varpxm (pixel)} \quad (14)$$

- **Análisis de la función de correlación aplicada a los caracteres numéricos de la imagen de la regleta.**

En cuanto se tenga los caracteres en un tamaño estándar se procederá a calcular con la correlación para obtener los dos caracteres de la imagen que vienen a ser el primer caracter en metros y el segundo en decímetros.



Figura N°35: Tamaño de la Imagen en MxN=42x24. **Fuente:** Propia.

Cálculo de la correlación.

$$R_{kp}(m, n) = \sum_{x=0}^{23} \sum_{y=0}^{41} I_{Bk}(x, y) \times I'_p(x + m, y + n) \quad (15)$$

$K=0,1,2...9$

$p=1,2,3$

$m=0,...,23$

$n=0,...,41$

BASE DE DATOS:

$I_{B0}(x,y)$
 $I_{B1}(x,y)$
 $I_{B2}(x,y)$
 \vdots
 $I_{B9}(x,y)$

10 Imágenes

$R_{MAX} KP(x,y) = RKP(m_0, n_0)$

Donde:

$RKP(m_0, n_0) \geq RKP(m, n)$ para todo $m \neq m_0 \wedge n \neq n_0$

Defínase:

$R_{MAX} K_0P > R_{MAX} KP$, para todo $K \neq K_0$

Siendo "K₀" el valor numérico con el cual tiene mayor similitud la Imagen I'_p(x,y)

- i) El procedimiento debe ser repetitivo para todo "p". De esa manera, el número presente en cada imagen I'_p(x,y) va identificarse por el valor "K₀" obtenido después de los procesos de correlación cruzada y obtención de los máximos.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL PROYECTO

3.1 Especificaciones de diseño

- El sistema automático tendrá un margen de error de un milímetro.
- La distancia máxima de la medición será de 25 metros.
- La captura de la imagen tendrá una resolución de 640x480 píxeles.
- Genera reportes en formato .xlsx (Excel).
- Se observa en tiempo real en la pantalla del computador la regleta del equipo tomado como referencia.
- Mejora del campo visual.

3.2 Diseño de la captura de la imagen y obtención de la imagen deseada de la regleta.

El siguiente diseño es para la obtención de la imagen deseada de la regleta del nivel topográfico, la cual cuenta con información numérica. Se necesita extraer y procesar la imagen para quedarnos con el valor numérico que nos muestra dicha imagen. El valor numérico nos indica el nivel que tiene el punto de medición con respecto al suelo.

A continuación, se muestra un diagrama de bloques del proceso para la obtención de la imagen con información deseada.

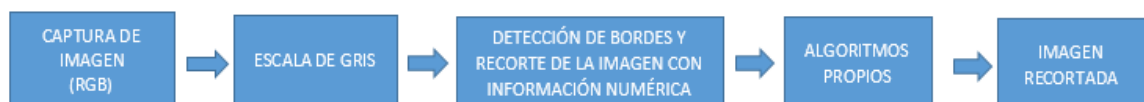


Figura N°36: Diagrama de bloques de la extracción de la regleta. **Fuente:** Propia.

j) Diseño de la obtención de la regleta del nivel topográfico.

La captura de imagen, como ya se mencionó en el capítulo de modelamiento, se realizará a una resolución de 640 X 480 pixeles y en formato RGB, luego la imagen se convertirá a escala de grises para poder aplicar los cambios de gradiente que existen en la imagen.

Como ya se mencionó en el capítulo de análisis, se utilizará el operador de Sobel en forma vertical para detectar los contornos verticales de la imagen.

También se utilizarán algunos algoritmos propios para realizar el recorte de la imagen con exactitud, se realizará un recorrido de la imagen en forma horizontal y detectar los bordes de la regleta obtenidos del operador de Sobel y así poder extraerla.

```
%% ETRACTO DE LA REGLETA
contH=0;
cambio=0;

for i=1:V
    for j=2:H-2
        if BW2(i,j)== BW2(i,j-1)
            contH = contH + 1;
        else
            cambio=cambio+1;
            if cambio== 2
                prii=i;
                prij=j;
            end
            if cambio == 4
                segi=i;
                segj=j;
            end
        end
    end

    if cambio ~= 4
        cambio = 0;
    else
        break;
    end
end
```

Figura N°37: Algoritmo del recorrido de la imagen en forma horizontal. **Fuente:** Propia.

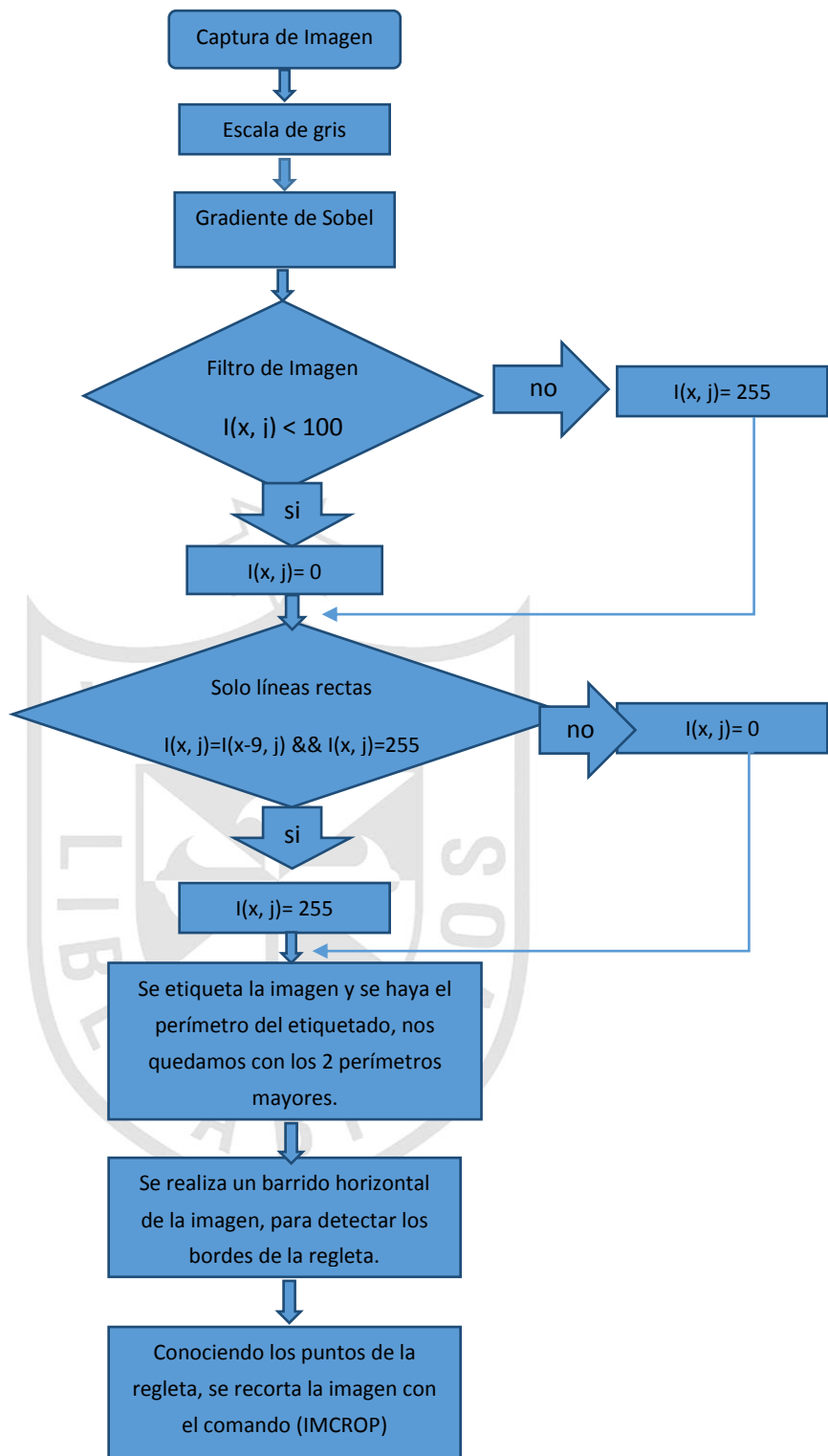


Figura N°38: Diagrama de flujo para la obtención de la regleta del nivel topográfico.

Fuente: Propia.

k) Diseño de la obtención de la imagen con información numérica

Una vez extraída la regleta procedemos a aplicar de nuevo el operado Sobel pero esta vez de forma horizontal y recortar de nuevo la imagen y obtener la imagen con información requerida para luego ser procesada y obtener los valores numéricos deseados.

También se tienen algoritmos propios en esta parte del diseño, el cual será usado para la extracción de la imagen deseada con información numérica. Se realizarán dos barridos verticales: uno de la parte media de la imagen hacia arriba hasta encontrar una línea horizontal, y un barrido vertical hacia abajo hasta encontrar otra línea horizontal y así tener los dos parámetros de la imagen y poder extraerla.

```
%% ETRACTO DE LA REGLETA segunda parte

contH2=0;
cambio2=0;

[V3 H3]= size (BW22);

for j=v:H3
    for i=v22:V3
        if BW22(i,j) == BW22(i-1,j)
            contH2 = contH2 + 1;
        else
            cambio2=cambio2+1;
            if cambio2== 2
                prii2=i;
                prij2=j;
            end
        end
    end
    if cambio2 ~= 2
        break;
    end
end

contH3=0;
cambio3=0;
[V4 H4]= size (BW22);

for j=v:-1:1
    for i=v22:-1:1
        if BW22(i,j) == BW22(i+1,j)
            contH3 = contH3 + 1;
        else
            cambio3=cambio3+1;
            if cambio3== 2
                prii3=i;
                prij3=j;
            end
        end
    end
    if cambio3 ~= 2
        break;
    end
end
```

Figura N°39: Algoritmo del barrido de la imagen del punto medio de la imagen hacia arriba y abajo. **Fuente:** Propia.

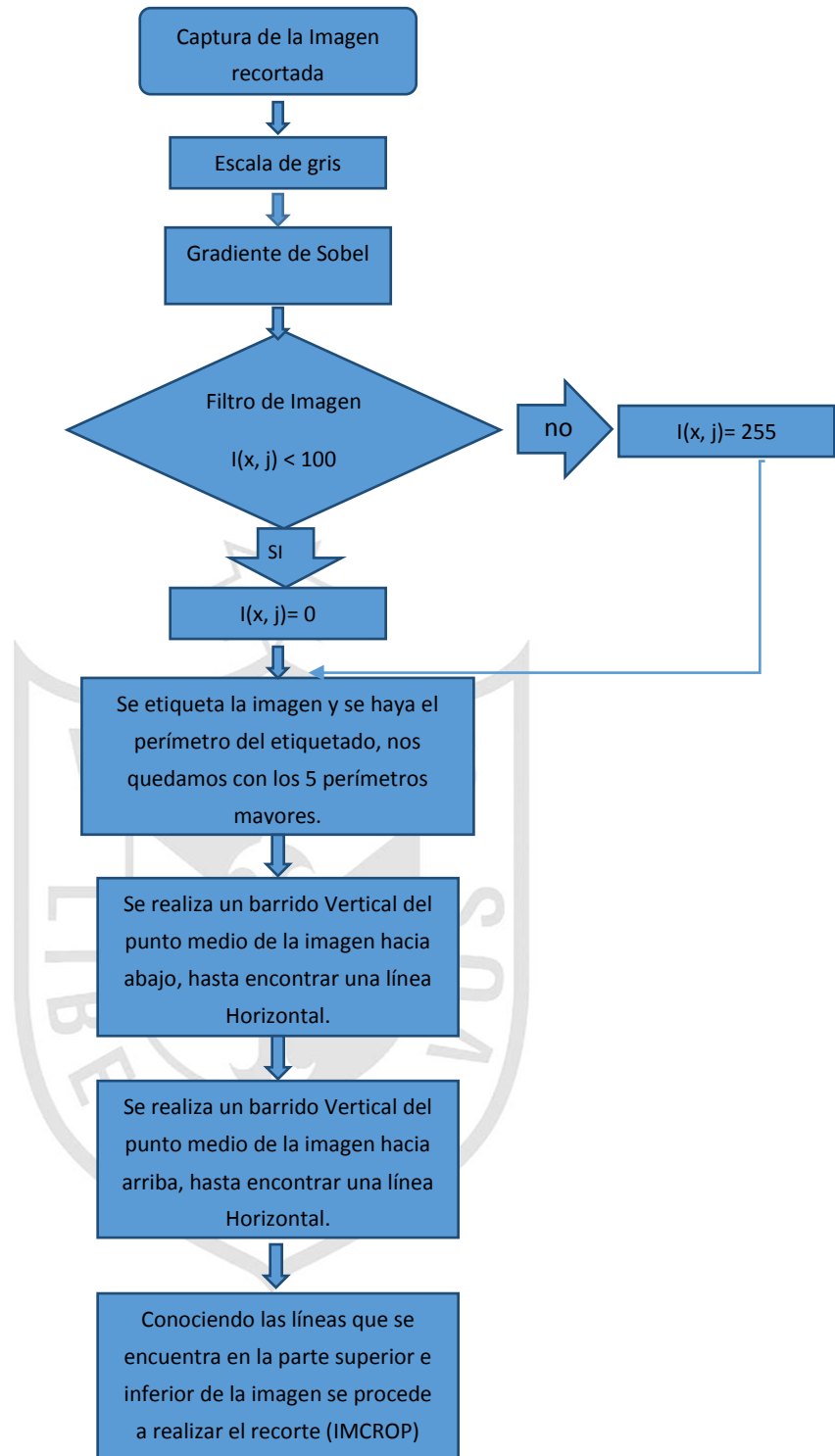


Figura N°40: Diagrama de flujo para la obtención de la imagen con información numérica de la regleta. **Fuente:** Propia.

➤ **Diseño del reconocimiento de los 4 dígitos de la nivelación.**

El reconocimiento de los 2 primeros dígitos numéricos de la regleta del nivel topográfico (metros y decímetros), según se ha explicado anteriormente en el capítulo de análisis, se realiza mediante el método de correlación; mientras que, la obtención de los 2 últimos números (centímetros y milímetros) se realizarán mediante la relación de pixeles por milímetros, dado que estos dos últimos números se obtendrán de la parte no numérica de la regleta topográfica.

Se realizaron algoritmos propios en esta parte del diseño para la obtención de los centímetros y milímetros dado que no se tiene parte numérica para obtener los valores deseados. En el capítulo de análisis se describió toda la parte matemática que se realizó para obtener los valores, ahora en el capítulo de diseño se describirá los parámetros en la programación que se realizó.

```
%% Dimensiones de la E
figure(29)
[t,m] = find(X==YX(w1+2));
ne=imagen1(min(t):max(t),min(m):max(m));
imshow(~ne);impixelinfo

%% Cálculo de la la variacion por pixel
alto=size(ne,1);
ancho=size(ne,2);
distancia=500;
varpxmm=(alto/distancia); %relacion de la pixel con milímetros por cada 1pixel existe varpxm milímetros
punto1=pril3; %valor de pixel del primer punto
punto11=punto1 + a11; %valor de pixel del inicio de la E
vvv=v22; %valor del pixel en la linea central
dpix=vvv-punto11;
result=99-round((dpix*0.1)/(varpxmm)); %regla de tres para saber el pixel en milímetros y nos da
%los dos digitos restantes osea el digito 3 y 4
```

Figura N°41: Algoritmo para calcular la variación por pixel que presenta la imagen y poder obtener los valores de centímetros y milímetros. **Fuente:** Propia.

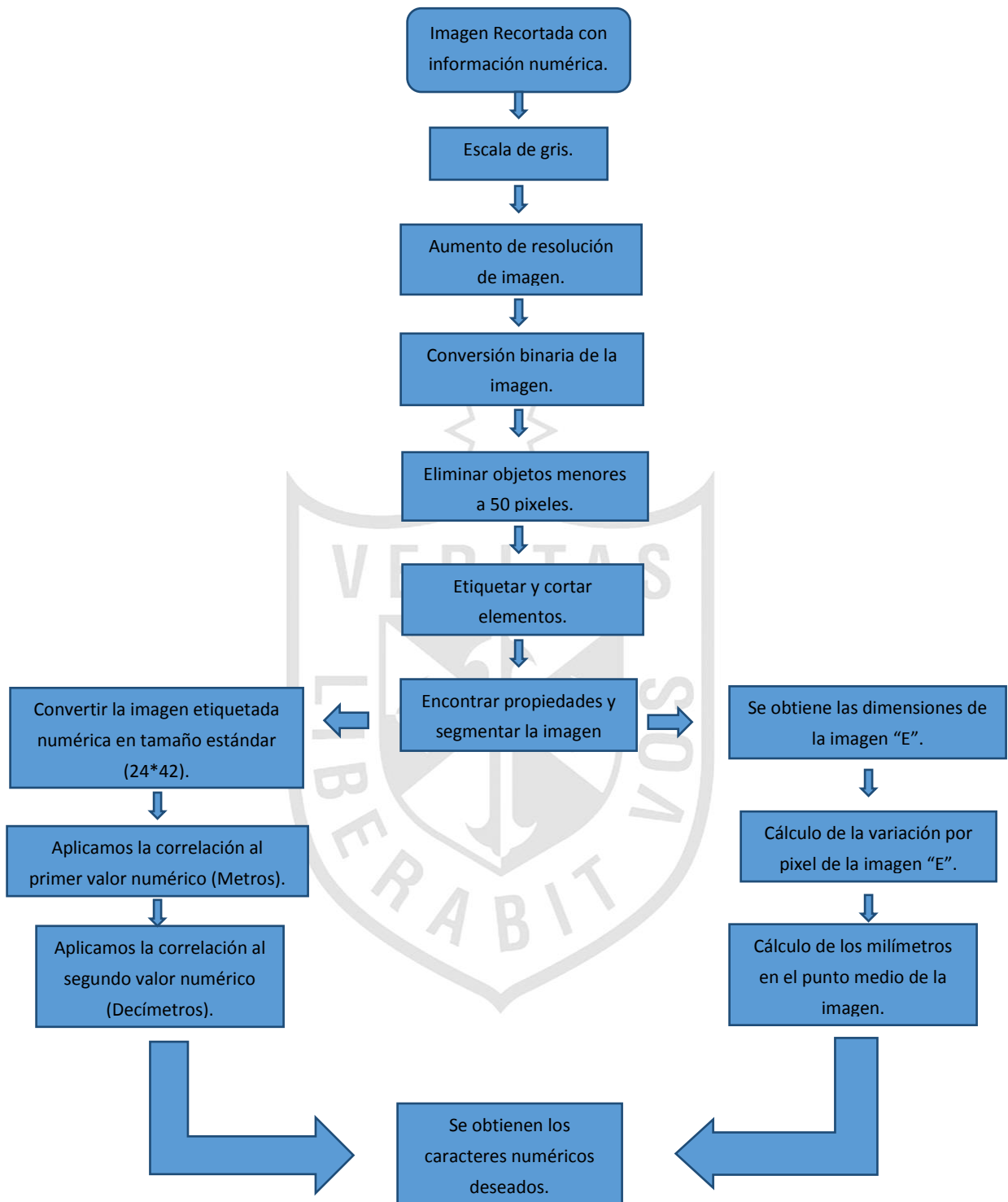


Figura N°42: Diagrama de flujo para obtener los cuatro valores numéricos deseados de la imagen obtenida de la regleta. **Fuente:** Propia.

➤ Propuesta de Solución

Según la investigación realizada, en el mercado peruano actualmente existen equipos de nivel topográfico digital; sin embargo, el costo de estos equipos tiene un valor aproximado entre 4 a 5 veces mayor al equipo tomado como referencia (AT – B4) para este proyecto.

Se requiere implementar un software que permitirá al usuario obtener la información respecto a la toma de datos de los niveles topográficos, con la finalidad de mejorar los tiempos empleados en las mediciones tomadas y la exactitud de los mismos.

Utilizaremos una cámara con la cual se va acoplar al equipo de nivel topográfico para poder realizar el procesamiento digital de imágenes vectoriales empleando técnicas estadísticas y algoritmos de correlación.

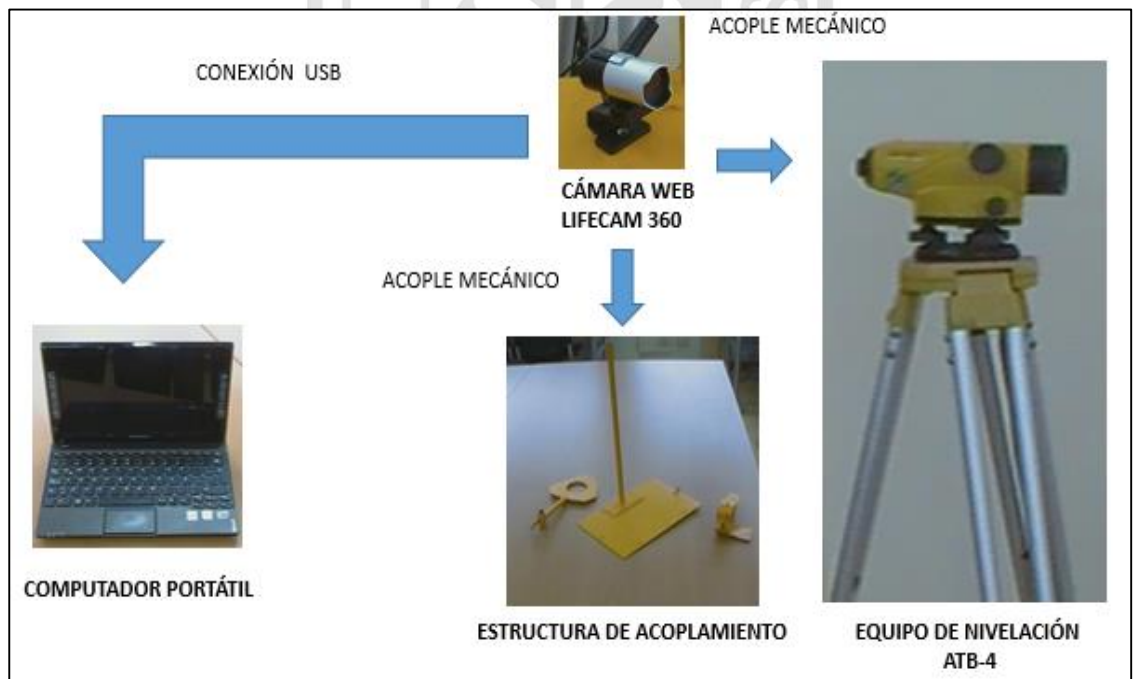


Figura Nº43: Gráfico pictórico del producto final. **Fuente:** Propia.

➤ **Diseño del acoplamiento de la Cámara Web.**

Se requiere implementar un hardware que permitirá el acople de la cámara web con el equipo que se tomará como referencia (AT-B4), el cual permitirá la interacción con los sensores de nivel y posición.

Para poder realizar el acople de la cámara al equipo de nivelación se requiere hacer una estructura que permita al operario alinear correctamente ambos equipos y que al final se pueda capturar una buena imagen para que esta pueda ser observada y procesada en el ordenador portátil. Con esto se logra básicamente dos cosas: primero mejorar el campo visual del operario, y segundo obtener buenas imágenes para el procesamiento digital de imágenes.

Las características de la estructura de acople son las siguientes:

- Material metálico.
- Manijas de Ajuste.

Se realizará de un material metálico; primero, porque el ajuste debe ser preciso y no debe quedar suelto; además, debe tener rigidez y debe poder soportar el peso de la cámara web que se conectará, las manijas de ajuste son para que el operario pueda acoplar el sistema y a su vez pueda realizar algún ajuste adicional en caso lo requiera.

✓ **Diagrama de Bloques**

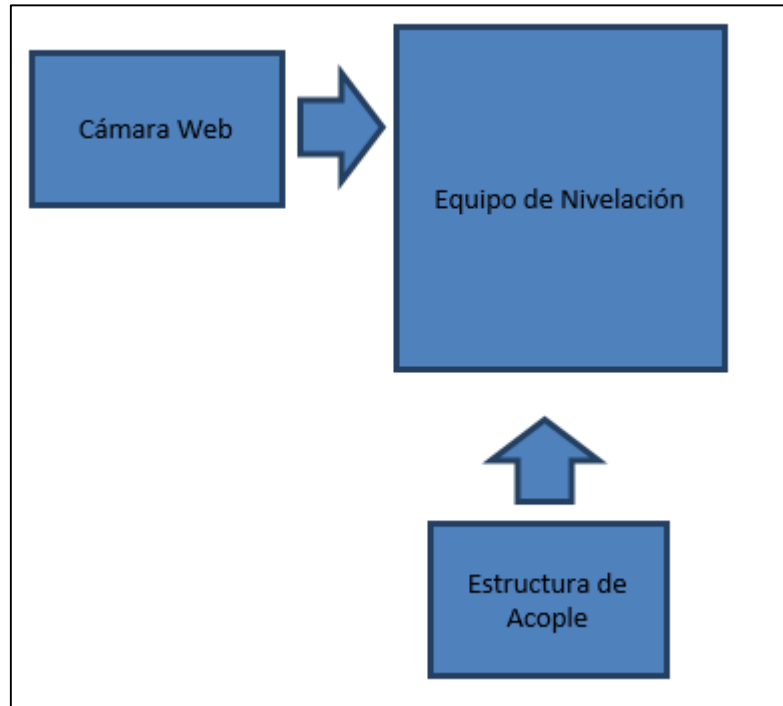


Figura N°44: Diagrama de bloques del acoplamiento de la cámara web con el nivel topográfico.

Fuente: Propia.

✓ **Criterios de Diseño**

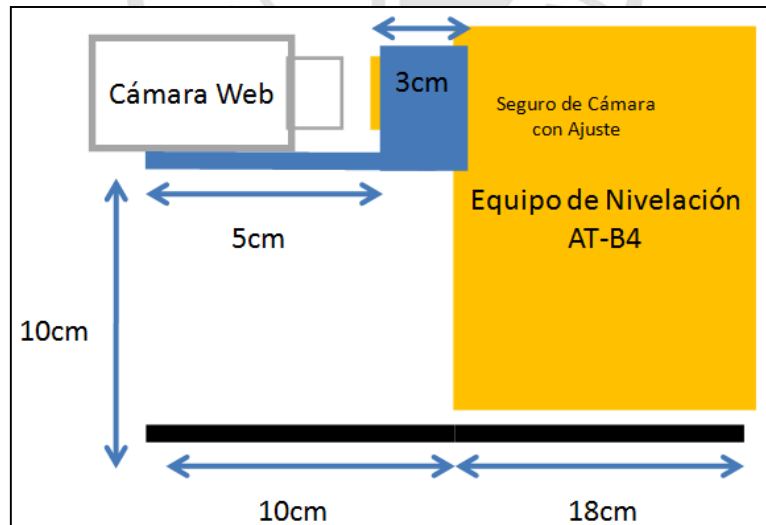


Figura N°45: Dimensiones de acoplamiento de la cámara. Fuente: Propia.

Como se observa en la figura N°45, se identifica la dimensión de la estructura de acoplamiento de la cámara web con el equipo de nivelación.



Figura N°46: Estructura de acoplamiento desarrollada. **Fuente:** Propia.

En la Figura N°46 se observa la estructura de acopla elaborada y operando junto con el equipo de nivelación.



CAPÍTULO IV

PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1 Pruebas

✓ Mediciones

Se hicieron pruebas con la cámara web acoplada al equipo de nivel topográfico obteniendo la imagen en la portátil, y así poder hacer el procesamiento digital de imágenes en MATLAB.

Se hicieron pruebas a distancias de 2 a 25 metros.

4.2 Resultados

Con las pruebas realizadas se logró segmentar el área de trabajo deseada.

Se logró realizar las validaciones del reconocimiento de los números obteniendo los siguientes resultados.

Tabla N°10: Porcentaje de aciertos de reconocimiento del primer número.

Muestra	Acierto
0	100%
1	100%
2	100%
3	100%
4	100%

Fuente: Propia.

En la Tabla N°10 se muestran porcentajes de aciertos del primer dígito.

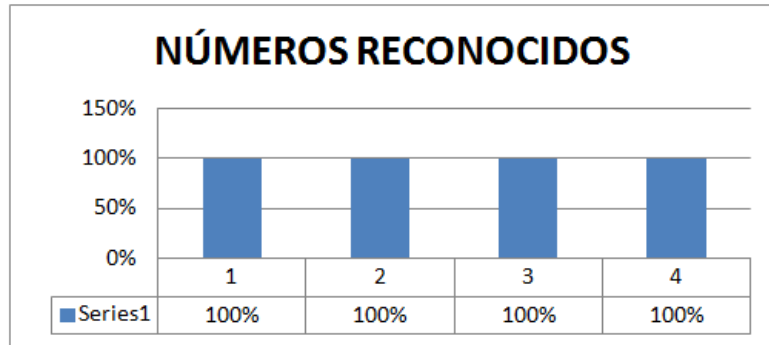
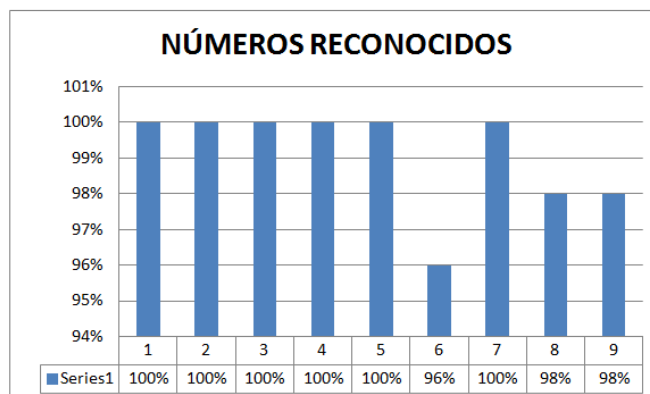


Tabla N°11: Porcentaje de aciertos de reconocimiento del segundo número.

Muestra	Aciertos
0	100%
1	100%
2	100%
3	100%
4	100%
5	100%
6	96%
7	100%
8	98%
9	98%

Fuente: Propia.



Con lo realizado también se pudo verificar el correcto valor del tercer y cuarto número obtenido del carácter “E” y el punto medio.

- Pruebas realizadas a 17 metros:

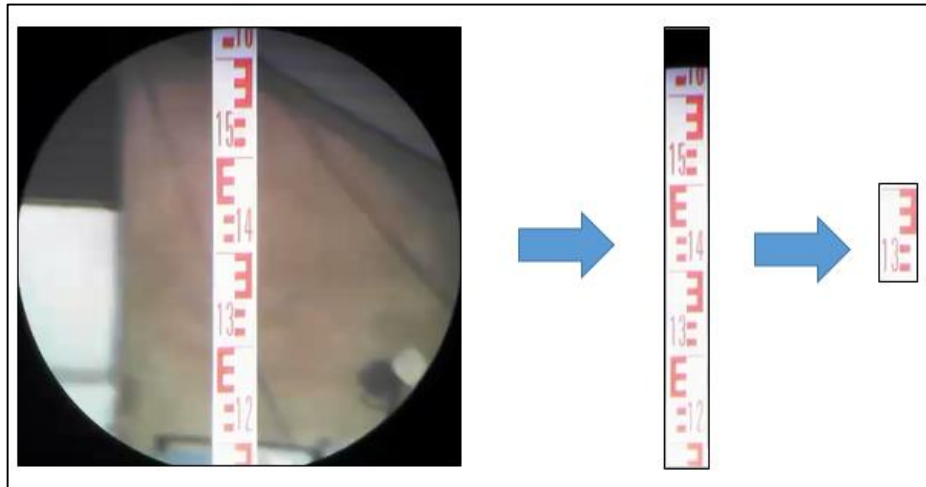


Figura N°47: Pruebas realizadas a 17 metros. Fuente: Propia.

Resultados:

- Hilo Superior:

```
>> valhs  
valhs =  
1407
```

- Hilo Central:

```
>> valhm  
valhm =  
1399
```

- Hilo Inferior:

```
>> valhi  
valhi =  
1391
```

Se verificaron los datos obtenidos con un Ingeniero geólogo el Sr. Ciro Sergio Bedia Guillen, el cual certifica que el proyecto cumple con los objetivos propuestos. El documento completo se encuentra en el Anexo 3.



CAPÍTULO V

DISCUSIÓN Y APLICACIÓN

5.1 Discusión

Esta investigación tuvo como propósito la detección y registro del nivel topográfico convencional, ya que actualmente existen niveles topográficos automáticos que hacen la medición empleando un láser para poder detectar los datos de la regleta codificada.

Los valores obtenidos con la automatización del nivel topográfico convencional son los mismos que con un equipo de nivel automático.

Los resultados obtenidos al finalizar el proceso son bastante precisas con un error de un milímetro a una distancia de 25 metros.

En el transcurso de la investigación se presentaron muchas opiniones de diversos topógrafos indicando por qué no utilizan el equipo de nivel automático. Dos de los principales motivos son: el costo del equipo, que es de 4 a 5 veces del equipo convencional, y también que genera un costo adicional dado que la regleta del equipo de nivel automático se desgasta con facilidad en los ambientes de trabajo y así el equipo ya no realiza una buena lectura de la regleta.

5.2 Aplicación

La utilidad de este proyecto es automatizar la detección y registro de nivel topográfico, ya sea en una nivelación cerrada como en una nivelación abierta.

Para ello, se utilizaron los siguientes instrumentos:

- Una mira: Regla plegable bicolor (negro-blanco antes de los 2 metros y rojo-blanco después de los 2 metros) de cinco metros de altura, en la cual se harán lecturas con fines de determinar los puntos.
- Un trípode: La base para el nivel topográfico.
- Nivel topográfico: Con el cual se hacen lecturas.
- Cámara web: Para realizar la toma de la imagen de la regleta.
- Laptop: Para realizar el procesamiento digital de imágenes mediante el programa Matlab.

Finalmente, se generaron dos reportes en un archivo Excel para almacenar los datos obtenidos en la nivelación.

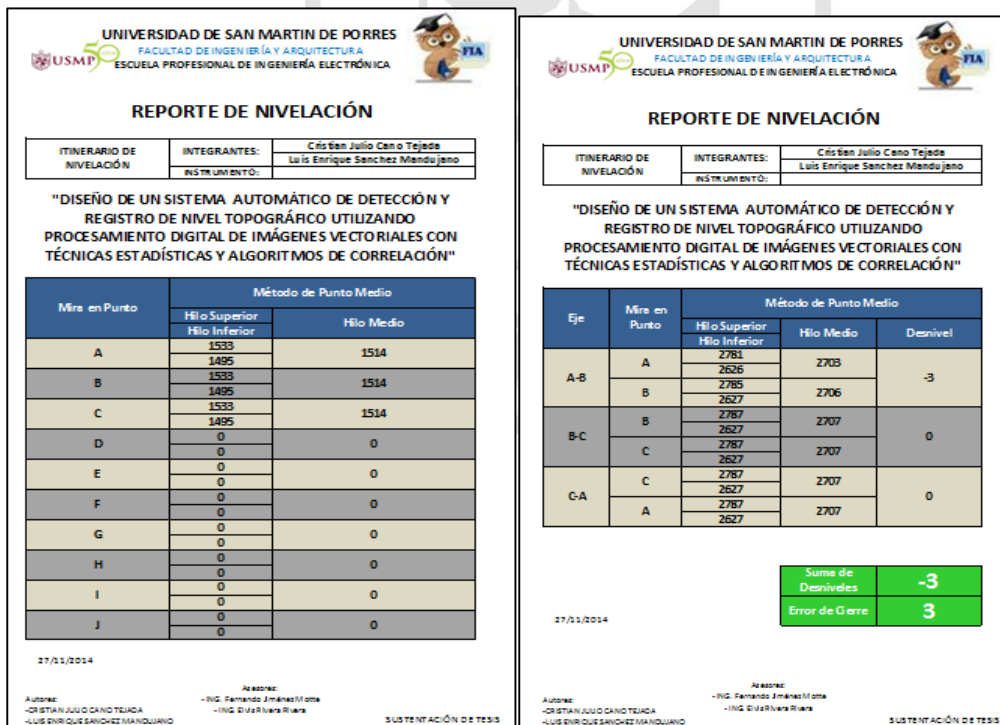


Figura N°48: Muestra el los reportes a generar. Fuente: Propia.

En la Figura N°48, se muestran los dos tipos de reportes que se generarían en Ms Excel.

➤ **INFORME FINANCIERO Y ECONÓMICO FINAL Y TOTAL**

En la siguiente Tabla se indican todos los bienes, servicios, materiales y componentes adquiridos durante la investigación y desarrollo del proyecto.

Tabla N°12: Materiales y componentes.

Nombre	Descripción	Cant.	Costo unitario	Costo Total
Estructura de Adaptación	Estructura Metálica	3	S/. 100.00	S/. 300.00
Cámara Web	Microsoft Life Cam 360	1	S/. 200.00	S/. 200.00
Transporte	Transporte	1	S/. 100.00	S/. 100.00

Total Invertido

S/. 600.00

Fuente: Propia.

En la tabla N°12 se detalla el precio de los componentes adquiridos en la investigación.

Tabla N°13: Costo estimado del producto final.

Componentes necesarios	S/. 600,00
Mano de Obra de instalación	S/. 200,00
Costo de Investigación	S/. 500,00
TOTAL	S/. 1.300,00

Fuente: Propia.

En la tabla N°13 se detalla el costo del producto.

CONCLUSIONES

- Primera:** El software implementado permite el reconocimiento de los números mediante el procesamiento digital de imágenes utilizando técnicas de correlación y gradiente de Sobel para obtener los datos del nivel topográfico con un error de un milímetro y a una distancia de máxima de 25 metros.
- Segunda:** Se realizaron modelamientos matemáticos propios para obtener los caracteres de la regleta con una exactitud de centímetros y milímetros de la parte no numérica de la regleta.
- Tercera:** Las validaciones de los resultados obtenidos de la regleta fueron realizadas y verificadas con el especialista en topografía, el Ing. Ciro Sergio Bedia Guillen, quien confirmó que el equipo ayuda en la velocidad de la toma de datos de la regleta y el valor obtenido tiene un error máximo de un milímetro.
- Cuarta:** El acoplamiento de la cámara web con el equipo de nivel topográfico es correcto. Esto servirá para obtener un mejor entorno visual en el computador. También se realizó un acople para el computador. El cual nos ayudará a sostener el equipo mientras se realiza la medición.
- Quinta:** La información obtenida de la regleta se guardará en un formato xlsx (Excel), ya que estos valores servirán para representar en forma gráfica el desnivel y poder realizar otras operaciones o ecuaciones donde se necesite los valores del nivel topográfico.
- Sexta:** La investigación se decidió usar la gradiente de Sobel antes que otros tipos de filtros que existen en la actualidad, dado que se necesitaba obtener solo los contornos verticales y los contornos horizontales, además Sobel enfatiza el valor de los píxeles cercanos al centro.
- Séptima:** Se utilizó el método de correlación para identificar y obtener la parte numérica de la regleta. No se utilizó un método de aprendizaje como RNA, dado que la regleta tiene nomenclatura estándar, es decir, sus valores no van a ser muy variantes.

RECOMENDACIONES

- Primera:** Nivelar la regleta con el suelo, al momento de realizar la captura de la imagen de la regleta del nivel topográfico, es decir, que no tenga inclinación para ningún lado y así obtener una buena captura de imagen y realizar los cálculos con precisión.
- Segunda:** Realizar las mediciones del nivel topográfico menos de 25 metros dado que puede haber un error en los valores obtenidos, ya que está excediendo la distancia máxima en que opera el equipo.
- Tercera:** Acoplar el equipo de nivel topográfico con la cámara, y que no haya inclinación a ninguno de los dos lados porque puede afectar la medición.
- Cuarta:** Establecer una constante comunicación entre las dos personas que van a realizar las mediciones topográficas, tanto la persona que sujeta la regleta topográfica como la persona que realizará la captura de la imagen.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Casanova, L. (2002). *Topografía Plana Facultad de Ingeniería Civil, 4ta Edición , Mérida, Venezuela ISBN 980-11-0672-7.*

Detección de Bordes (2009) recuperado del:
<http://black-byte.com/proyectos/deteccion-de-bordes>

Filtros en Imágenes (2008) recuperado del:
<http://slideplayer.es/slide/1024479/>

Kemper, G. (2012). *Procesamiento Digital De Imágenes – Universidad de San Martín de Porres (curso verano) Lima, Perú.*

Laboratorio 9: Usando detección de esquinas para encontrar polígonos (2013)
recuperado del:

<http://maxkalavera.blogspot.com/2013/05/laboratorio-9-usando-deteccion-de.html>

López, R. (2011). *Manual de Topografía APLITOP 6ª Edición Madrid, España.*

Mejía, J. (2011). *Procesamiento Digital de Imágenes, Se explica cómo procesar una imagen digital y las diferentes aplicaciones de este proceso.*

Mendoza, J. (2004). *Topografía práctica. Principios básicos Universidad Nacional de Ingeniería 2ª Edición Lima, Perú*

Teorías de Gradientes (2011) recuperado del:
<http://www.vinuesa.com/dip/gradiente.pdf>

Topcom Global Gateway (1997) recuperado del:
<http://global.topcon.com/america/index.html>

Zeiske, C. (2013). *Principios de Topografía LEICA GEOSYSTEMs 7ª Edición Heerbrugg, Switzerland, 724109es – XII.00 – RVA.*





ANEXO N°01

Conceptos Básicos de imágenes

En Matlab una imagen a escala de grises es representada por medio de una matriz bidimensional de $m \times n$ elementos en donde n representa el número de píxeles de ancho y m el número de píxeles de largo. Por otro lado, una imagen de color RGB es representada por una matriz tridimensional $m \times n \times p$, donde m y n tienen la misma significación que para el caso de las imágenes de escala de grises mientras p representa el plano, que para RGB puede ser 1 para el rojo, 2 para el verde y 3 para el azul.

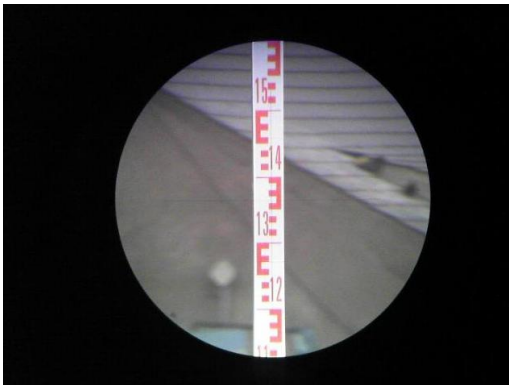
1.1. Clases de imágenes (Según el tipo de datos de sus elementos)

Double:	Doble precisión, números en punto flotante que varían en un rango aproximado de -10308 a 10308 (8 bytes por elemento).
uint8:	Enteros de 8 bits en el rango de [0,255] (1 byte por elemento).
uint16:	Enteros de 16 bits en el rango de [0, 65535] (2 bytes por elemento).
uint32:	Enteros de 32 bits en el rango de [0, 4294967295] (4 bytes por elemento).
int8:	Enteros de 8 bits en el rango de [-128, 127] (1 byte por elemento).
int16:	Enteros de 16 bits en el rango de [-32768, 32767] (2 bytes por elemento).
int32:	Enteros de 32 bits en el rango de [-2147483648,2147483647] (4 bytes por elemento).
Single:	Número en punto flotante de precisión simple, con valores aproximadamente en el rango de -1038 a 1038 (4 bytes por elemento).
Char:	Caracteres (2 byte por elemento).
Lógica:	Los valores son 0 ó 1 (1 byte por elemento).

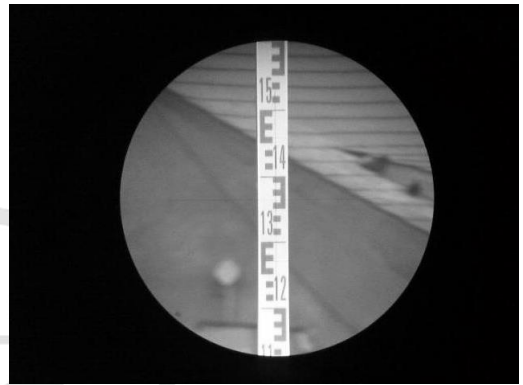
ANEXO N°02

Imágenes del procesamiento de la regleta del Nivel Topográfico

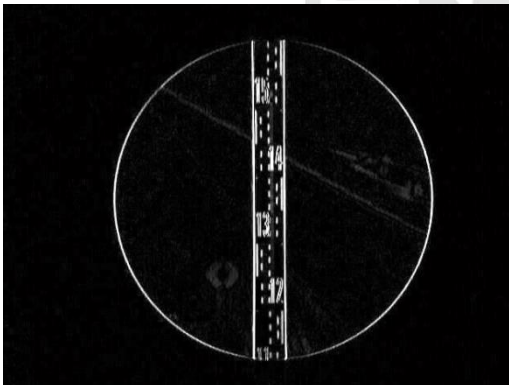
En las siguientes imágenes se muestra el procesamiento completo de la captura de la imagen de la regleta del nivel topográfico hasta obtener el valor numérico deseado.



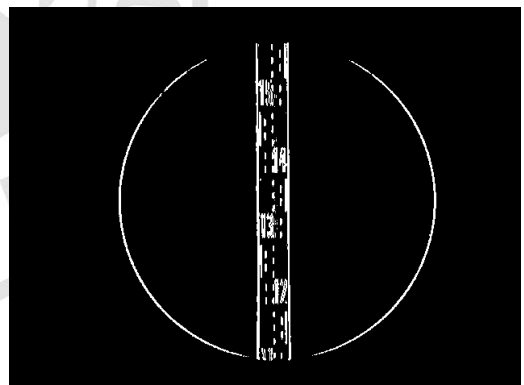
(1). Captura de la Imagen.



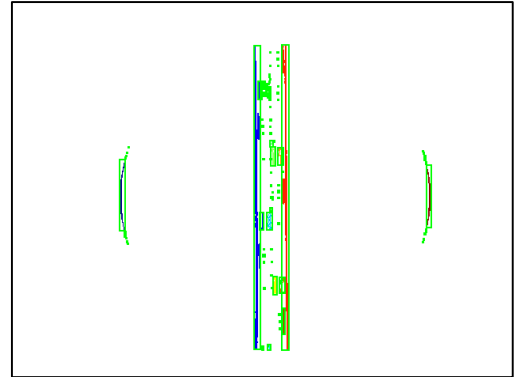
(2). Imagen en escala de gris.



(3). Gradiente de Sobel Vertical.

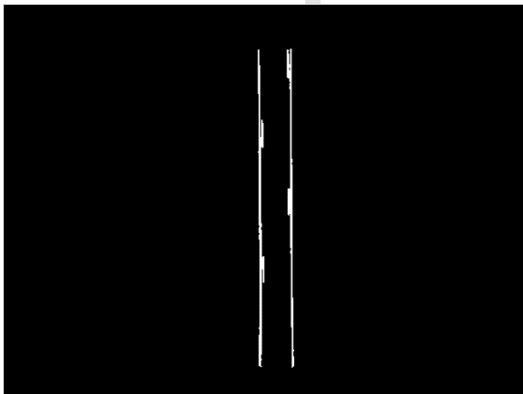


(4). Eliminación de pixeles bajos.



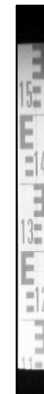
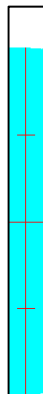
(5). Imagen con solo líneas verticales continuas.

(6). Etiquetado y segmentado de las líneas.



(7). Dos segmentos con mayor perímetro.

(8). Recorte de la regleta topográfica.



(9). Punto medio de la imagen recortad.

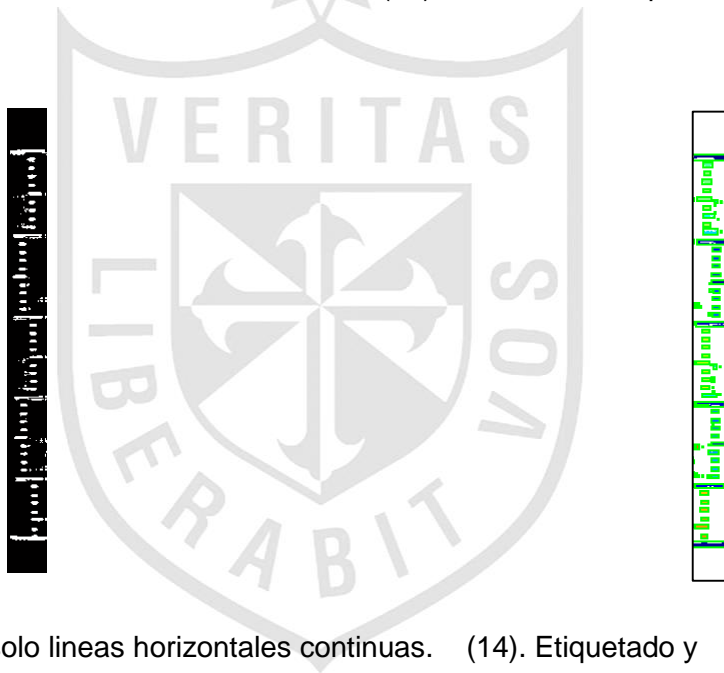
(10) Imagen recortada en escala de gris.



(11). Gradiente de Sobel Horizontal.



(12). Eliminacion de pixeles bajos.



(13). Imagen con solo lineas horizontales continuas. (14). Etiquetado y

segmentado de lineas.



(15). Cinco Segmentaciones con perímetro mayor.

(16). Recorte de la imagen desde el centro.



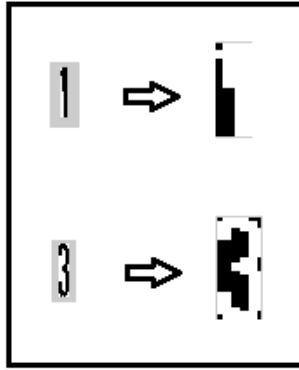
(17). Aumento de pixeles bajos en la imagen.

(18). Invertimos los pixeles y binarizamos la imagen.



(19). Etiquetamos y segmentamos la imagen.

(20). Extracción de la letra "E" (cm y mm).



(21). Función de correlación para el segmentado numérico (m y dm).



ANEXO N°03

Validación y Conformidad

Se verificaron los datos obtenidos con un Ingeniero geólogo el Sr. Ciro Sergio Bedia Guillen, quien a una distancia de 18 metros realizó las mediciones que realizaría cualquier topógrafo en el campo de trabajo, luego se realizaron las mismas medidas con el equipo automatizado y fueron los mismos valores que se obtuvieron en un principio.



Lima, 08 de noviembre de 2014

Profesores: Fernando Jimenez Motte y Elvis Rivera Rivera
Asesores del Taller de Tesis
Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica
FIA-USMP
Pte.-

Estimados Profesores:

El motivo de la presente es saludarlo cordialmente, y al mismo tiempo informarle que habiendo probado y verificado el proyecto de "DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO DE DETECCIÓN Y REGISTRO DE NIVEL TOPOGRÁFICO UTILIZANDO PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES VECTORIALES CON TÉCNICAS ESTADÍSTICAS Y ALGORITMOS DE CORRELACIÓN", cuyos autores son los alumnos Cristian Cano Tejada (código USMP: 2006223416) y Luis Sánchez Mandujano (código USMP: 2006225830) puedo decir que:

- Se verifica que el valor obtenido luego del procesamiento es el correcto.
- Cumple con los estándares de error de cálculo de un milímetro a una distancia de 25 metros.
- Mejora la visualización de medida de la regla topográfica.
- Mejora la velocidad en la obtención de resultados.
- Facilita el formato en el que se obtiene los datos (.xlsx)

Cumplo con poner en conocimiento esta información, a fin de que puedan tener una idea clara del nivel de avance logrado en el desarrollo del producto.

Sin otro particular, quedo de usted

Muy atentamente

CIRO SERGIO BEDIA GUILLEN
INGENIERO GEOLOGO
Reg. CIP N° 47521