

**Instituto Tecnológico de Costa Rica**  
**Escuela de Ingeniería en Computación**  
**Programa de Maestría en Computación**

**Propuesta de mejora a la herramienta de código abierto  
P-TRAP al incorporar el algoritmo de *Fast Radial*  
*Symmetry Transform* para la detección de granos de café.**

Propuesta de Tesis sometida a consideración del Departamento de Computación, para optar por el grado de Magíster Scientiae en Computación, con énfasis en Ciencias de la Computación

**Autor:**  
**Marco León Sarkis**

**Profesor Asesor:**  
**Luis Alexander Calvo Valverde**

Julio, 2016

Propuesta de mejora a la herramienta de código abierto  
P-TRAP al incorporar el algoritmo de *Fast Radial*  
*Symmetry Transform* para la detección de granos de café.

por

Marco León Sarkis

Sometida a consideración de la Escuela de Ingeniería en Computación, presentado en Julio 2016, en cumplimiento parcial de los requerimientos establecidos por el Programa de Maestría en Computación

## Resumen

”El abstract se escribirá aquí”

Thesis Supervisor: Luis Alexánder Calvo Valverde

Title: Supervisor

# Tabla de Contenido

0.1	<b>Introducción</b> . . . . .	6
0.2	<b>Marco Teórico</b> . . . . .	7
0.3	<b>Propuesta de Proyecto</b> . . . . .	8
0.3.1	Planteamiento del Problema . . . . .	8
0.3.2	Propuesta del Proyecto . . . . .	10
0.3.3	Trabajos Relacionados . . . . .	10
0.3.4	Hipótesis . . . . .	10
0.3.5	Métricas . . . . .	10
0.3.6	Desarrollo del Proyecto . . . . .	11
0.4	<b>Objetivos</b> . . . . .	12
0.4.1	Objetivos Generales . . . . .	12
0.4.2	Objetivos Específicos . . . . .	12
0.5	<b>Alcance y Limitaciones</b> . . . . .	13
0.6	<b>Entregables</b> . . . . .	14
0.7	<b>Metodología</b> . . . . .	15
0.7.1	Diseño de Experimentos . . . . .	15
0.7.1.1	Declaración del problema . . . . .	16
0.7.1.2	Factores . . . . .	16
0.7.1.3	Variables de respuesta . . . . .	17
0.7.1.4	Recolección de datos . . . . .	17
0.7.1.5	Análisis estadístico . . . . .	17
0.7.2	Ambiente de desarrollo . . . . .	18
0.8	<b>Plan de trabajo</b> . . . . .	19



# Lista de Figuras

1	Cronograma de actividades . . . . .	19
2	Detalle de los entregables . . . . .	19

## 0.1 Introducción

El presente trabajo trata sobre la detección de granos de café existente en imágenes. Se procede a estudiar el estado del arte en el área de detección de objetos en imágenes, específicamente en granos. Posteriormente se propone la incorporación del algoritmo "*Fast Radial Symmetry Transform*"[5] en la herramienta de código abierto P-TRAP[10] para incrementar la precisión en la detección de granos de café existentes.

Para poder desarrollar este trabajo se obtuvo una serie de imágenes de granos de café por parte del Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE). Se preparó el ambiente de desarrollo de la herramienta P-TRAP[10] con el fin de realizar las modificaciones pertinentes para incorporar el algoritmo "*Fast Radial Symmetry Transform*"[5] al proceso de detección de granos existente. Se ejecutan una serie de experimentos sobre la base de datos de imágenes de granos de café entre la versión desarrollada de P-TRAP[10] y su versión por defecto con el propósito de medir la precisión en la detección de granos de café existentes en una imagen.

El principal resultado de esta tesis es una versión de P-TRAP[10] que incorpore el algoritmo "*Fast Radial Symmetry Transform*"[5], permitiendo una detección más precisa de granos de café existentes en una imagen en comparación a P-TRAP[10] en su versión por defecto.

En la sección 0.2 se presenta el marco teórico. Posteriormente, en la sección 0.3, se expone la propuesta de proyecto. Seguidamente, los objetivos generales y específicos son presentados en la sección 0.4. El alcance y limitaciones son parte de la sección 0.5. En la sección 0.7 se presenta la metodología que se va utilizar en este proyecto de investigación. Finalmente, en la sección 0.8 se incluye el plan de trabajo que va ser utilizado durante esta investigación.

## 0.2 Marco Teórico

Escribir...

## 0.3 Propuesta de Proyecto

### 0.3.1 Planteamiento del Problema

La visión por computadora es una disciplina científica que utiliza distintos métodos para adquirir, procesar, analizar y comprender imágenes del mundo real [2].

Durante la última década hemos sido testigos del impresionante avance tecnológico de las cámaras fotográficas. Actualmente, vivimos en una era donde contamos con dispositivos móviles capaces de tomar fotografías de alta calidad en cualquier lugar y momento.

Este avance ha sido el detonante para que en años recientes la visión por computadora se haya convertido en una tecnología clave en diferentes campos. En la industria automotriz son cada vez más populares los carros asistidos por computadoras. También, en la industria de videojuegos la visión por computadora ha sido utilizada para mejorar la interacción entre el usuario y el juego, creando una experiencia de juego cada vez más real. En el área de la producción agrícola, la visión por computadora puede ser utilizada para mejorar la eficiencia y eficacia en los procesos de detección y conteo de granos. Ambos procesos, de ser realizados de forma manual, consumen mucho tiempo y existe cierto grado de error humano que afecta el resultado final.

En el Instituto del Café de Costa Rica (ICAFFE) se cuenta con algoritmos para estimar la producción de una planta en particular. Sin embargo, dichos algoritmos requieren como parámetro el número de granos de café en la planta en cierto punto de su desarrollo. Actualmente, el proceso de conteo de granos se realiza de forma manual, consumiendo una gran cantidad de horas hombre. ICAFFE cuenta con una serie de imágenes de granos de café y se desea encontrar una manera automática de realizar el conteo de granos con el fin de incrementar la eficiencia en el proceso.



En la literatura, se han propuesto varias soluciones para atacar este problema. Sin embargo, la gran mayoría utiliza como entrada imágenes de granos en un ambiente controlado. Este es el caso de P-TRAP, una herramienta de código abierto que implementa un algoritmo para la detección de granos en un ambiente controlado. Sin embargo, ICAFE no cuenta con un ambiente controlado para la toma de imágenes y cada imagen es tomada directamente desde la planta, en su ambiente natural.

Realizar la detección de granos de café a partir de imágenes tomadas fuera de un ambiente controlado agrega una serie de dificultades al proceso, algunas de estas dificultades son:

1. Los granos traslapados imponen una dificultad ya que el grano pierde su forma y en ocasiones es solo una mínima parte del grano que esta a la vista.
2. Los granos que estan detrás del rcimo, que no estn a la vista. Sabemos que detrás del rcimo que estamos viendo hay granos de café pero no sabemos cuantos porque no los podemos ver.
3. Distancia de los granos con respecto a la cámara. En un ambiente controlado podemos tratar esto como una constante y definir un rango de tamaños. Sin embargo, en el caso de las imágenes tomadas en su ambiente natural no se tiene control sobre esto. El tamaño de los granos de café en la imagen va estar determinado por la distancia del rcimo al lente de la cámara.
4. Ruido en el fondo de la imagen. En un ambiente controlado el fondo de la imagen tiene un mismo color y textura. En el caso de las imágenes de ICAFE, en el fondo se observan hojas, ramas y otro tipo de objetos que le agregan ruido a la imagen.

En el caso específico de P-TRAP, el algoritmo que permite realizar la detección de granos no es capaz de resolver dichas dificultades por lo que la precisión de la detección de granos es muy baja.

### 0.3.2 Propuesta del Proyecto

A partir de lo descrito anteriormente, este proyecto pretende estudiar la eficacia en la detección de granos a partir de la incorporación del algoritmo *Fast Radial Symmetry Transform*[5] al proceso de detección y conteo de granos ya existente en la herramienta P-TRAP[10]. Este estudio deja por fuera y como parte del posible trabajo futuro, la detección de granos de café traslapados y aquellos no visibles en la imagen.

### 0.3.3 Trabajos Relacionados

La detección de objetos en imágenes ha sido estudiada en muchos trabajos de investigación. En [1] asdasdasd

### 0.3.4 Hipótesis

Con base en la definición del problema y en la propuesta de proyecto, se define la siguiente hipótesis:

*La incorporación del algoritmo Fast Radial Symmetry Transform[5] para la detección de granos de café en la herramienta de código abierto P-TRAP[10] aumenta la cantidad de detecciones de granos de café existentes en una imagen.*

### 0.3.5 Métricas

El objetivo de este estudio es medir la precisión en la detección de granos de café existentes en una versión de la herramienta P-TRAP[10] que incorpore el algoritmo *Fast Radial Symmetry Transform*[5] y realizar una comparación con la precisión en la versión por defecto de P-TRAP[10]. Como parte del análisis comparativo entre ambas versiones de P-TRAP[10] se define la siguiente métrica:

- Precisión:

$$\textit{granos\_detectados}/\textit{total\_granos\_existentes}$$

### 0.3.6 Desarrollo del Proyecto

El desarrollo de este proyecto implica la creación de una versión de P-TRAP[10] que incorpore el algoritmo *Fast Radial Symmetry Transform*[5]. Para el desarrollo de esta versión de P-TRAP[10] se hará uso de bibliotecas cuando sea posible, y se programará únicamente los algoritmos o funcionalidades que no estén disponibles en bibliotecas.

El desarrollo del proyecto incluye además el análisis comparativo de la versión por defecto de P-TRAP[10] y la versión desarrollada en este estudio. Para realizar este análisis comparativo es necesario realizar el preprocesamiento sobre el conjunto de imágenes proporcionadas por ICAFE. Posteriormente se determinará la cantidad de granos existentes en cada imagen. Luego, en cada versión de P-TRAP[10], se ejecutará el proceso de detección de granos sobre cada imagen y se tomará registro de la cantidad de granos de café existentes detectados. Finalmente, se hará un análisis detallado sobre los resultados obtenidos.

## 0.4 Objetivos

### 0.4.1 Objetivos Generales

Proponer una mejora a la herramienta de código abierto P-TRAP[10] incorporando el algoritmo de *Fast Radial Symmetry Transform*[5] para la detección de granos de café.

### 0.4.2 Objetivos Específicos

Los objetivos específicos de este proyecto son los siguientes:

1. Implementar el algoritmo de *Fast Radial Symmetry Transform*[5] en el proceso de análisis de imágenes de la herramienta de código abierto P-TRAP[10].
2. Medir el desempeño en la detección de granos de café existentes en una imagen utilizando P-TRAP[10] (en su versión original) versus la versión propuesta utilizando el algoritmo *Fast Radial Symmetry Transform*[5].
3. Brindar una explicación sobre los resultados obtenidos.

## 0.5 Alcance y Limitaciones

Dentro del alcance de esta propuesta se define el siguiente conjunto de productos a ser presentados durante la defensa final de los resultados del mismo:

- Una versión de P-TRAP[10] que incluya el algoritmo *Fast Radial Symmetry Transform*[5] en el proceso de detección de granos.
- Todas las funcionalidades de P-TRAP[10] estarán disponibles en la nueva versión.
- Un análisis estadístico para contrastar los resultados de los experimentos.

Es necesario delimitar esta investigación por motivos de tiempo y extensión. Se plantean entonces la siguientes limitaciones:

- Solo se contarán los granos de café visibles en la foto.
- Solo se realizará el conteo de granos de café para imágenes RGB.
- Se debe proporcionar la escala en la imagen.
- Queda por fuera de este trabajo el conteo de granos traslapados
- No se contarán granos de café no visibles en la imagen. Es decir, aquellos granos de café que se encuentren detrás del r cimo en la foto.

## 0.6 Entregables

Los entregables son los siguientes:

- Ambiente de desarrollo de la herramienta de código abierto P-TRAP[10].
- Versión de P-TRAP[10] que utilice el algoritmo de *Fast Radial Symmetry Transform*[5] en el proceso de análisis de imágenes.
- Imágenes de granos de café preprocesadas.
- Diseño de experimentos.
- Tabla resumen de los resultados obtenidos.
- Pruebas estadísticas para aceptar o rechazar la hipótesis planteada.
- Análisis de los resultados obtenidos con el fin de presentar los principales hallazgos y una posible explicación.

## 0.7 Metodología

### 0.7.1 Diseño de Experimentos

Para describir el planeamiento pre-experimental para el diseño de experimentos de este trabajo, (con la información disponible hasta el momento), se usan los *lineamientos* desarrollados en el libro de Douglas C. Montgomery [1]. El esquema del procedimiento recomendado en los lineamientos para esta etapa incluye lo siguiente:

1. **Reconocimiento y definición del problema:** consiste en desarrollar una declaración clara y sencilla del problema. Una clara definición del problema, normalmente contribuye substancialmente a una mejor comprensión del fenómeno que está siendo estudiado y a la solución final de dicho problema.
2. **Selección de factores, niveles y rangos:** consiste en enumerar todos los posibles factores que pueden influenciar el experimento. Incluye tanto los factores de diseño potencial (los que potencialmente se podrían querer modificar en los experimentos) y los factores perturbadores (los que no se quieren estudiar en el contexto del experimento). También se deben seleccionar los rangos sobre los que varían los distintos factores y los niveles específicos sobre los que se aplicarán las iteraciones del experimento.
3. **Selección de la variable de respuesta:** debe proveer información útil sobre el fenómeno que esta siendo estudiado.
4. **Selección del diseño de experimental:** se refiere a aspectos claves del experimento tales como el tamaño de la muestra, la selección del orden adecuado para la ejecución de los intentos experimentales y la decisión de bloquear o no algunas de las restricciones de aleatoriedad en la pruebas.
5. **Llevar a cabo el experimento:** en esta etapa, es de vital importancia monitorear el proceso cuidadosamente para asegurar la correcta ejecución del experimento con respecto a lo planeado.

### 0.7.1.1 Declaración del problema

Estudiar la precisión en la detección de granos de café existentes por parte de la versión por defecto de P-TRAP[10] y la versión desarrollada en este estudio incorporando el algoritmo *Fast Radial Symmetry Transform*[5].

### 0.7.1.2 Factores

En el diseño de experimentos, un factor es aquel componente que tiene cierta influencia en las variables de respuesta [1]. El objetivo de un experimento es determinar esta influencia.

Usando la información recolectada en esta etapa de la investigación, así como la experiencia adquirida por el estudiante y expuesta en las secciones anteriores, se han seleccionado inicialmente los siguientes factores para su estudio:

1. Resolución de la imagen
  - Baja (Rango por definir)
  - Media (Rango por definir)
  - Alta (Rango por definir)
2. Formato de la imagen
  - BMP (Bitmap)
  - GIF
  - JPG-JPEG
  - PNG

Potencialmente, la cantidad de factores que influyen en las variables de respuesta es infinita; sin embargo, por razones de tiempo y presupuesto se han seleccionado las que se considera ejercen mayor influencia en las variables de respuesta. Algunos factores que no se considerarán en esta investigación pero que también pueden ejercer influencia son:



- Pre-procesamiento aplicado a muestras
- Otros parámetros muestrales

### 0.7.1.3 Variables de respuesta

La variable de respuesta corresponde a la métrica detallada en la sección 0.3.5 de este documento:

- Precisión

### 0.7.1.4 Recolección de datos

Una vez ejecutados los experimentos durante el desarrollo de la tesis, se deben recolectar los resultados de estos. La obtención de las distintas variables de respuesta la hará de forma automática la plataforma que se desarrollará.

### 0.7.1.5 Análisis estadístico

El análisis de varianza unifactorial por rangos, de Kruskal-Wallis[6], es una prueba útil para decidir si  $k$  muestras independientes provienen de diferentes poblaciones.

La técnica de Kruskal-Wallis[6] prueba la hipótesis nula de que las  $k$  muestras provienen de la misma población o de poblaciones idénticas con la misma mediana. Para especificar explícitamente la hipótesis nula y alterna,  $\theta_j$  debe ser la mediana de la población para el  $j$ -ésimo grupo o muestra. Entonces podemos escribir la hipótesis nula de que las medianas son las mismas como:

$$H_0 : \theta_0 = \theta_1 = \dots \theta_k$$

Por su parte la hipótesis alterna puede ser escrita de la siguiente forma (para algunos grupos  $i$  y  $j$ ):

$$H_1 : \theta_i \neq \theta_j$$

Si la hipótesis alterna es verdadera, al menos un par de grupos tienen medianas diferentes. Según la hipótesis nula, la prueba supone de las variables en estudio tienen la misma distribución subyacente [7].

### 0.7.2 Ambiente de desarrollo

El desarrollo de este proyecto se va realizar en una máquina de 64 bits con Windows 8.1 Enterprise. La herramienta P-TRAP[10] fue desarrollada en el lenguaje de programación Java por lo que nosotros utilizaremos NetBeans [9] en su versión 8.0.1 como nuestro ambiente integrado de desarrollo. Asimismo, utilizaremos la versión 9.0 de MATLAB [8] para la integración con el algoritmo *Fast Radial Symmetry Transform*[5].

## 0.8 Plan de trabajo

En esta sección se crea un plan de trabajo a partir de los entregables enumerados anteriormente. De acuerdo con lo estipulado por la Escuela de Ingeniería en Computación del Instituto Tecnológico de Costa Rica, el tiempo definido para completar la investigación propuesta es de 16 semanas. Por ende, el plan de trabajo acomoda los entregables en este período de tiempo.

Para ilustrar el cronograma de actividades se elaboró el siguiente diagrama Gantt para la administración de proyectos seguido de una tabla descriptiva de los entregables:

Entregables	Semanas															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Preparar ambiente de desarrollo	■	■														
Desarrollo de la nueva versión de P-TRAP			■	■	■	■										
Ejecutar diseño de experimentos							■	■								
Documento de resultados									■	■						
Realizar pruebas estadísticas para aceptar o rechazar hipótesis										■	■	■				
Documento de tesis													■	■	■	
Preparación de la defensa															■	■

Tabla 1: Cronograma de actividades

Entregables	Objetivos	Duración (semanas)
Preparar ambiente de desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalar las herramientas que se van a utilizar en el desarrollo</li> <li>• Realizar el preprocesamiento de las imágenes</li> </ul>	2
Desarrollo de la nueva versión de P-TRAP	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar la versión de P-TRAP incorporando el algoritmo "Fast Radial Symmetry"</li> </ul>	4
Ejecutar diseño de experimentos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ejecutar el diseño de experimentos propuesto sobre el conjunto de imágenes de granos de café</li> </ul>	2
Documento de resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Documentar los resultados obtenidos en el paso anterior</li> </ul>	2
Realizar pruebas estadísticas para aceptar o rechazar hipótesis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar el análisis estadístico respectivo sobre los resultados obtenidos</li> </ul>	2
Documento de tesis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Redactar formalmente en el documento de tesis todo el trabajo realizado</li> </ul>	3
Preparación de la defensa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Crear presentación formal para la presentación ante el jurado</li> </ul>	2

Tabla 2: Detalle de los entregables

# Bibliografía

- [1] D. C. Montgomery. "*Guidelines for designing experiments, design and analysis of experiments.*" 5th Edition, 2000, pp. 13-17.
- [2] Reinhard Klette. "*Concise Computer Vision: An Introduction into Theory and Algorithms*" First Edition, 2014.
- [3] Periasamy, A. "*Matching of Different Rice Grains Using Digital Image Processing*", 2013.
- [4] Wang, W., Wang, Y., Ji, T. "*Grains Automatic Counting Method Based on Computer Version*", 2012.
- [5] Loy, G., Zelinsky, A. "*A Fast Radial Symmetry Transform for Detecting Points of Interest*", 2002.
- [6] William H. Kruskal and W. Allen Wallis. Use of ranks in one-criterion variance analysis. "*Journal of the American Statistical Association* 47 (260): December 1952.
- [7] Montaña, M. "*Estadística no paramétrica para la toma de decisiones del ingeniero industrial en la industria maquiladora*, pp. 10-11.
- [8] MATLAB and Statistics Toolbox Release 2012b, The MathWorks, Inc., Natick, Massachusetts, United States.
- [9] Netbeans IDE. URL <http://www.netbeans.org>.

- [10] AL-Tam, F, Adam, H, dos Anjos, A, Lorieux, M, Larmande, P, Ghesquiere, A, Jouannic, S, Reza, H. "*P-TRAP: a Panicle Trait Phenotyping tool*", 2013.