

Tabla de Contenido

1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Objetivo general	2
1.3. Objetivos específicos	2
1.4. Alcances	2
1.5. Contexto general del trabajo	3
1.5.1. La empresa Woodtech S.A.	3
1.5.2. El producto <i>Logmeter</i>	3
1.6. Estructura del documento	5
2. Estado del arte	6
2.1. Visión por computadora	6
2.2. Algoritmos de stitching	7
2.2.1. Adquisición de imágenes	9
2.2.2. Extracción de características	12
2.2.3. Registro de imágenes	14
2.2.4. Composición de imágenes	20
2.3. Herramientas	21
3. Metodología	22
3.1. Método	22

3.1.1.	Pre-procesamiento	22
3.1.2.	Extracción de características	24
3.1.3.	Establecimiento de correspondencias	26
3.1.4.	Metodología para el alineamiento y fusión de imágenes	28
3.1.5.	Algoritmo de stitching por homografías globales	28
3.1.6.	Algoritmo de stitching por reconstrucción de escena	29
3.1.7.	Reconstrucción 3D de escena	31
3.1.8.	Adaptación para secuencias de vehículo en movimiento	35
3.1.9.	Métricas	37
3.2.	Plan de trabajo	38
3.2.1.	Selección de bases de datos	38
4.	Resultados y Discusión	40
4.1.	Bases de datos	40
4.2.	Definición de pruebas	43
4.3.	Resultados y discusión	44
4.3.1.	Adaptación para secuencias de vehículo en movimiento	44
4.3.2.	Evaluación de la mejora de contraste sobre la extracción de características y cantidad de correspondencias establecidas	46
4.3.3.	Prototipo de algoritmo de stitching por homografías globales	48
4.3.4.	Algoritmo de stitching por reconstrucción de escena	55
4.3.5.	Discusión general del trabajo realizado	63
5.	Conclusión	65
5.1.	Trabajo futuro	66
	Bibliografía	67
6.	Anexos	73

6.1. Bases de datos	73
6.2. Efecto de mejora de contraste CLAHE	82
6.3. Resultados adicionales del prototipo de algoritmo de stitching por homografías	83
6.4. Resultados adicionales del algoritmo de stitching por reconstrucción de escenas	86

Índice de Ilustraciones

Figura 1.1. Imágenes capturdadas por <i>Logmeter</i>	4
Figura 2.1. Creación de panorama tolerante a paralaje.	8
Figura 2.2. Etapas de algoritmos de stitching basados en <i>features</i>	9
Figura 2.3. Movimientos de cámara, correspondientes a rotación pura y traslación pura. [14]	10
Figura 2.4. Mejora de contraste en aplicación de análisis de retina. A la izquierda, la imagen original y, a la derecha, la imagen mejorada mediante CLAHE. [17]	10
Figura 2.5. Segmentación de persona en movimiento, usando <i>frame difference</i> . A la izquierda, una de las imágenes de entrada. A la derecha, la máscara que identifica la persona en movimiento. [21]	11
Figura 2.6. Correspondencias entre puntos de interés SIFT [25].	12
Figura 2.7. Transformación de homografía [42].	15
Figura 2.8. Ejemplo de resultado obtenido al aplicar transformaciones de homografía globales para la alineación de imágenes [43].	16
Figura 2.9. Ejemplo de resultado obtenido al aplicar transformaciones de homografías duales representando un plano lejano y uno correspondiente al suelo. [44].	16
Figura 2.10. Transformación Euclidiana [46].	17
Figura 2.11. Ejemplo de resultado obtenido al aplicar transformaciones euclidianas de rotación para la alineación de imágenes [43].	18
Figura 3.1. Diagrama global del algoritmo de stitching propuesto.	23
Figura 3.2. Histograma y curva de función de distribución acumulativa antes y después de la ecualización del histograma.	24

Figura 3.3. Limite de corte para acotar amplificación de contraste.	24
Figura 3.4. Comparación de filtro de difusión no lineal, en la parte superior, y filtro gaussiano, en la inferior, para niveles de escala equivalentes.	25
Figura 3.5. Cálculo de descriptor <i>Modified-Local Difference Binary</i> (M-LDB), para un nivel de escala.	26
Figura 3.6. Geometría de modelo de cámara <i>pinhole</i> [13].	30
Figura 3.7. Proyección de vistas desde distintas poses de cámara, sobre superficie aproximada a partir de nube de puntos reconstruida.	32
Figura 3.8. Diagrama de flujo de la reconstrucción de escena a partir de la estimación del conjunto de cámaras y los puntos de interés calzados.	32
Figura 3.9. Reproyección de puntos de la escena	34
Figura 3.10. Modelo de superficie NURBS con puntos de control que definen su forma. [74]	34
Figura 3.11. Diagrama global del algoritmo de stitching adaptado a presencia de objetos en movimiento.	36
Figura 3.12. Carta Gantt de la planificación del trabajo.	38
Figura 4.1. Ejemplo de imágenes de la secuencia ‘Temple’.	41
Figura 4.2. Ejemplo de imágenes de la secuencia ‘Fountain’.	41
Figura 4.3. Ejemplo de imágenes de la secuencia ‘HerzJesu’.	41
Figura 4.4. Ejemplo de imágenes de la secuencia ‘SceauxCastle’.	41
Figura 4.5. Secuencia de imágenes ‘PaisajeNavarino’.	42
Figura 4.6. Ejemplo de imágenes de la secuencia ‘Truck1R’.	42
Figura 4.7. Ejemplo de imágenes de la secuencia ‘Truck1L’.	42
Figura 4.8. Ejemplo de imágenes de la secuencia ‘Truck2R’.	43
Figura 4.9. Ejemplo de imágenes de la secuencia ‘Truck2L’.	43
Figura 4.10. Pares de imágenes de referencia, para ejemplificar segmentación y filtrado de calces de fondo en secuencia ‘Truck1R’.	44
Figura 4.11. Ejemplo de segmentación por movimiento para la primera imagen de la secuencia ‘Truck1R’.	45

Figura 4.12. Ejemplo de segmentación por movimiento para la penúltima imagen de la secuencia ‘Truck1R’.	45
Figura 4.13. Ejemplo de filtrado de calces de fondo por desplazamiento mínimo en el primer par de imágenes de la secuencia ‘Truck1R’.	45
Figura 4.14. Ejemplo de filtrado de calces de fondo por desplazamiento mínimo en el último par de imágenes de la secuencia ‘Truck1R’.	45
Figura 4.15. Efecto de mejora de contraste CLAHE sobre total de correspondencias validadas por secuencia.	47
Figura 4.16. Prueba inicial del prototipo de stitching por homografías, sobre secuencia ‘Paisaje Navarino’.	49
Figura 4.17. Desplazamiento promedio en pares de vistas consecutivas en secuencia ‘Fountain’. El desplazamiento acumulado para llevar la última vista hacia la primera es de $4,14[px]$	50
Figura 4.18. Desplazamiento promedio en pares de vistas consecutivas en secuencia ‘Truck2L’. El desplazamiento acumulado para llevar la última vista hacia la primera es de $6,81[px]$	50
Figura 4.19. Resultado de la composición de la secuencia que abarca el intervalo $[3, 9]$ de ‘Truck2L’, mediante registro por homografías globales hacia el plano de referencia de la primera imagen.	51
Figura 4.20. Resultado de la composición de la secuencia ‘Fountain’, mediante registro por homografías globales hacia primera imagen.	52
Figura 4.21. Resultado de stitching de la secuencia que abarca el intervalo $[3, 9]$ de ‘Truck2L’, mediante registro por homografías globales hacia primera imagen.	52
Figura 4.22. Resultado de stitching de la secuencia ‘Fountain’, mediante registro por homografías globales hacia primera imagen.	53
Figura 4.23. Resultado de la reconstrucción de escena sobre la secuencia ‘Temple’.	56
Figura 4.24. Resultado de la reconstrucción de escena sobre la secuencia ‘HerzJesu’.	57
Figura 4.25. Resultado de la reconstrucción de escena sobre la secuencia ‘Fountain’.	58
Figura 4.26. Resultado en dos vistas de la composición sobre modelo 3D, correspondiente a la secuencia ‘Fountain’.	59
Figura 4.27. Resultado en dos vistas de proyecciones de imágenes de la secuencia sobre modelo 3D, correspondiente a la secuencia ‘Fountain’.	60
Figura 4.28. Resultado en dos vistas de la composición sobre modelo 3D, correspondiente a la secuencia ‘Truck2L’.	61

Figura 4.29. Resultados parciales de la composición al proyectar distintas imágenes de la secuencia ‘Truck2L’ sobre modelo 3D.	62
Figura 6.1. Secuencia de imágenes ‘Temple’.	75
Figura 6.2. Secuencia de imágenes ‘Fountain’.	76
Figura 6.3. Secuencia de imágenes ‘PaisajeNavarino’.	76
Figura 6.4. Secuencia de imágenes ‘HerzJesu’.	77
Figura 6.5. Secuencia de imágenes ‘Truck1R’.	78
Figura 6.6. Secuencia de imágenes ‘Truck1L’.	79
Figura 6.7. Secuencia de imágenes ‘Truck2R’.	80
Figura 6.8. Secuencia de imágenes ‘Truck2L’.	81
Figura 6.9. Desplazamiento promedio en pares de vistas consecutivas en secuencia ‘Temple’. El desplazamiento acumulado para llevar la última vista hacia la primera es de $4,68[px]$	83
Figura 6.10. Desplazamiento promedio en pares de vistas consecutivas en secuencia ‘Truck1R’. El desplazamiento acumulado para llevar la última vista hacia la primera es de $7,68[px]$	84
Figura 6.11. Resultado de la composición de la secuencia ‘Temple’, mediante registro por homografías globales hacia el plano de referencia de la primera imagen.	84
Figura 6.12. Resultado de la composición de la secuencia ‘Truck1R’, mediante registro por homografías globales hacia el plano de referencia de la primera imagen.	85
Figura 6.13. Resultado de la composición de la secuencia ‘Truck2L’ completa, mediante registro por homografías globales hacia el plano de referencia de la primera imagen.	85
Figura 6.14. Resultado de la reconstrucción de escena sobre la secuencia ‘Temple’.	86
Figura 6.15. Resultado de la reconstrucción de escena sobre la secuencia ‘Sceaux-Castle’.	87
Figura 6.16. Resultado de la reconstrucción de escena sobre la secuencia ‘HerzJesu’.	88
Figura 6.17. Resultado de la reconstrucción de escena sobre la secuencia ‘Truck1R’.	89
Figura 6.18. Resultado de la reconstrucción de escena sobre la secuencia ‘Truck1L’.	90
Figura 6.19. Resultado de la reconstrucción de escena sobre la secuencia ‘Truck2R’.	91

Índice de Tablas

Tabla 4.1. Aumento porcentual promedio de cantidad de puntos de interés detectados para las distintas secuencias.	47
Tabla 4.2. Número de puntos reconstruidos y errores de reproyección promedio inicial y final para las secuencias evaluadas.	55
Tabla 6.1. Resumen de bases de datos escogidas, con detalle de la resolución de las imágenes utilizadas y los parámetros intrínsecos de las cámaras, además de la transformación realizada respecto de las imágenes de la base de datos original de donde se obtuvieron las secuencias.	74
Tabla 6.2. Efecto de mejora de contraste CLAHE sobre cantidad de puntos de interés detectados y total de correspondencias validadas por secuencia	82