



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

“Procure no ser un hombre con éxito, sino un hombre con valores.”

Albert Einstein





ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

TEMA: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ANDADOR INTELIGENTE PARA EL DESPLAZAMIENTO AUTÓNOMO DE LOS ADULTOS MAYORES CON VISIÓN REDUCIDA Y PROBLEMAS DE MOVILIDAD DEL HOGAR DE VIDA “LUIS MALDONADO TAMAYO” MEDIANTE LA INVESTIGACIÓN DE TÉCNICAS DE VISIÓN ARTIFICIAL

Autores:

José Luis Guamushig Laica
Miguel Angel Jerez Gavilánez

Director:

Ing. Darío Mendoza



OBJETIVO GENERAL

- Diseñar y construir un prototipo de andador inteligente con visión artificial para la movilización independiente de adultos mayores en el Hogar de Vida Luis Maldonado Tamayo mediante la investigación de técnicas de visión artificial.



OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar los estados del arte con respecto al tema planteado.
- Seleccionar los componentes electrónicos para el sistema de control con visión artificial.
- Diseñar el sistema mecánico del andador inteligente considerando las características de las personas del hogar de vida “Luis Maldonado Tamayo”.
- Investigar técnicas de visión artificial para evadir obstáculos con la utilización de librerías de OpenCV.
- Implementar los sistemas mecánico y de control del andador inteligente.
- Realizar pruebas de funcionamiento y análisis de resultados.



HIPÓTESIS

- ¿La investigación de técnicas de visión artificial para el diseño y construcción de un andador inteligente permitirá la movilización independiente de adultos mayores dentro del hogar de vida Luis Maldonado Tamayo?



INTRODUCCIÓN

- Millones de personas en el mundo poseen una discapacidad visual que no puede ser corregida con el uso de lentes, y la mayoría de estas personas son adultos de más de 65 años.



INTRODUCCIÓN

- En el interior de un lugar de cuidados, un adulto mayor es consciente que la falta de visión puede causar accidentes a sí mismo y a otras personas y esto limita su movilidad.



ANTECEDENTES

- En situaciones de problemas de movilidad de diversos orígenes se requiere el uso de dispositivos de ayuda en el desplazamiento.



HOGAR DE VIDA “LUIS MALDONADO TAMAYO”

- A través de la Agencia de Cooperación Internacional de Corea (KOICA) se crea el Centro Gerontológico para el adulto mayor, HOGAR DE VIDA “Luis Maldonado Tamayo”, el mismo que inició sus actividades en diciembre del 2009.



Andadores como dispositivos aumentativos de movilidad

- Estos dispositivos asumen un papel importante por su simplicidad y potencial en la ayuda a la rehabilitación.
- Funcionan como soporte durante la bipedestación y, además usan la propia capacidad de locomoción del individuo para moverse.



Andadores convencionales

- Un aspecto importante para la clasificación es el tipo de contacto con el suelo, por lo que se tiene: andadores estándar, dos ruedas y cuatro ruedas.



Andadores inteligentes

- Surgen de la misma estructura que los convencionales, pero incluyen componentes electrónicos y robóticos, con lo cual se promueve una mejor asistencia.
- Al diseñar un andador, es necesario considerar no solo las discapacidades de locomoción, sino también las deficiencias a nivel cognitivo y sensorial. cia a la marcha.



Andadores inteligentes

- En general los andadores inteligentes se desarrollan para proporcionar asistencia al usuario en diferentes áreas, acorde a su necesidad, estos pueden presentar las siguientes funcionalidades:
 - Apoyo físico
 - Asistencia sensorial
 - Asistencia cognitiva
 - Vigilancia de salud



METODOLOGÍA Y SELECCIÓN DE COMPONENTES



DEFINICIÓN DE LAS NECESIDADES

Necesidades de:

- U Usuario
- D1 Diseñador

Conceptos según:

- R Requerimientos
- D2 Deseos

Concepto	Nº	Propone	R/D2	Necesidad
	1	U	R	Diseño para interiores
	2	U/D1	R	Restringir velocidad de desplazamiento
Aplicación	3	U	R	Período de operatividad prolongado
	4	U/D1	R	Evasión de obstáculos
	5	U	R	Accesibilidad
	6	U/D1	R	Interfaz gráfica sencilla
	7	U/D1	R/D2	Apoyo de manos ajustable
Manufactura	8	D	D	Uso de materiales nuevos
	9	D	R	Estabilidad estática y dinámica
	10	U/D1	R/D2	Sistema de frenos
	11	D1	R/D2	Movimiento sencillo
Control	12	D1	R/D2	Tecnología de código abierto
	13	U/D1	R	Accionamiento por sensores
Costos	14	D1	D2	Relación de costo/beneficio



DEFINICIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES

Son el resultado del vincular las necesidades del usuario con las métricas.

Necesidad	Métrica	Magnitud	Unidad
1,5,14	Distancia entre ruedas	60	cm.
2,9,11	Velocidad promedio de desplazamiento	0,5	m/s
8,10,14	Peso máximo por soportar		Kg
1,2,11,14	Número mínimo de motores	2	-
1,9,11,14	Número de ruedas de apoyo	2	-
1,3,14	Duración mínima de la batería	2	Hora
4,6,12	Uso de tecnología abierta	-	-
8,14	Costo de implementación		USD
1,13	Distancia entre sensor y persona	10	cm.
1,7	Tamaño de altura del apoyo mínimo	80	cm.
8,12	Área de manipulación de interfaz	7	Inch ²
3,4	Resolución y enfoque de la cámara mínimos	640 x 480	Mpx.
1,2,3,4	Distancia máxima de percepción	3	m



DEFINICIÓN DE LA ESTRUCTURA FUNCIONAL

N°	Módulo	Sub- módulos
1	Sistema mecánico	Motriz (Tracción) Tipo de desplazamiento Diseño estructural Controladores Energía
2	Sistema eléctrico/electrónico	Accionamiento Odometría Visión
3	Sistema de control	Adquisición de datos Control principal Software de programación

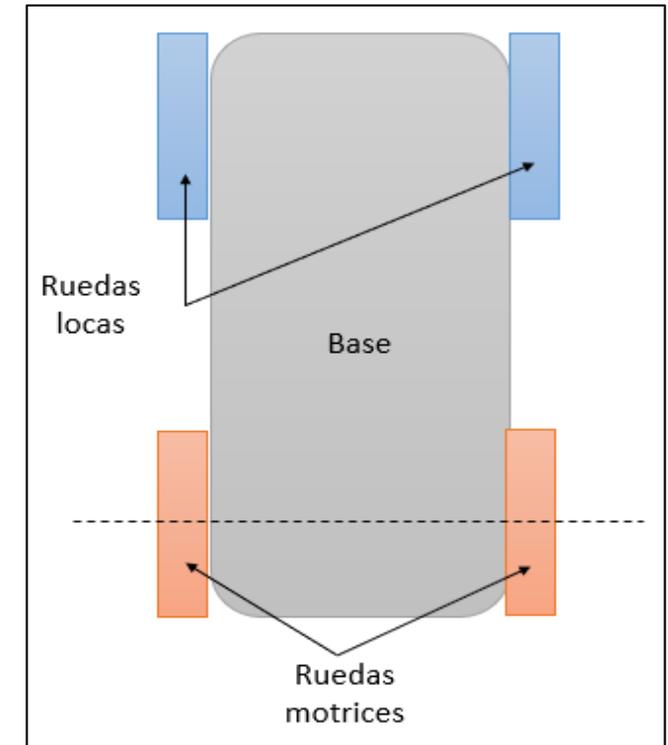


Matriz de selección de conceptos (Tipo de desplazamiento)

Criterios de selección	Desplazamiento por el sistema	Desplazamiento por rueda motora	Desplazamiento diferencial
	Ackerman	única	
Facilidad de control	-	+	+
Maniobrabilidad	0	+	+
Estabilidad	+	-	0
Deslizamientos mínimos	+	-	0
Precio	-	+	+
Fácil implementación	0	+	+
Suma +	2	4	4
Suma 0	2	0	2
Suma -	2	2	0
Evaluación Neta	0	2	4
¿Continuar?	No	Revisar	Sí

Matriz de evaluación de conceptos (Tipo de desplazamiento)

Criterios de selección	Peso	Desplazamiento por sistema Ackerman		Desplazamiento por rueda motora única		Desplazamiento diferencial	
		Calif.	Ev. Po.	Calif.	Ev. Po.	Calif.	Ev. Po.
Facilidad de control	30%	4	1,2	5	1,5	5	1,5
Maniobrabilidad	20%	3	0,6	4	0,8	4	0,8
Estabilidad	15%	4	0,6	2	0,3	5	0,75
Deslizamientos mínimos	15%	5	0,75	3	0,45	4	0,6
Precio	10%	3	0,3	5	0,5	4	0,4
Fácil implementación	10%	3	0,3	3	0,3	3	0,3
	Total		3,75		3,85		4,35
	Lugar		3		2		1
	r						
¿Continuar?			No		No		Si



Matriz de selección de conceptos (Sistema Motriz)

Criterios de selección	Servomotores	Motores dc con caja reductora	Motores paso a paso
Potencia	-	0	+
Dimensiones	+	+	+
Facilidad de mantenimiento	0	+	0
Alimentación simple	0	+	+
Precio	+	+	-
Facilidad de implementación	0	0	0
Precisión	+	+	+
Suma +	4	5	4
Suma 0	3	2	2
Suma -	1	0	1
Evaluación Neta	3	5	3
¿Continuar?	Revisar	Si	Revisar

Matriz de evaluación de conceptos (Sistema Motriz)

Criterios de selección	Peso	Servomotor		Motores dc con caja reductora		Motores paso a paso	
		Calif.	Ev. Po.	Calif.	Ev. Po.	Calif.	Ev. Po.
Potencia	25%	3	0,75	5	1,25	5	1,25
Dimensiones	15%	2	0,3	4	0,6	3	0,45
Facilidad de mantenimiento	10%	4	0,4	5	0,5	3	0,3
Alimentación simple	15%	5	0,75	4	0,6	4	0,6
Precio	15%	3	0,45	4	0,6	2	0,3
Facilidad de implementación	10%	3	0,3	3	0,3	3	0,3
Precisión	10%	3	0,3	3	0,3	3	0,3
	Total		3,25		4,15		3,5
	Lugar		3		1		2
¿Continuar?			No		Si		No



Matriz de selección de conceptos (Estructura Base)

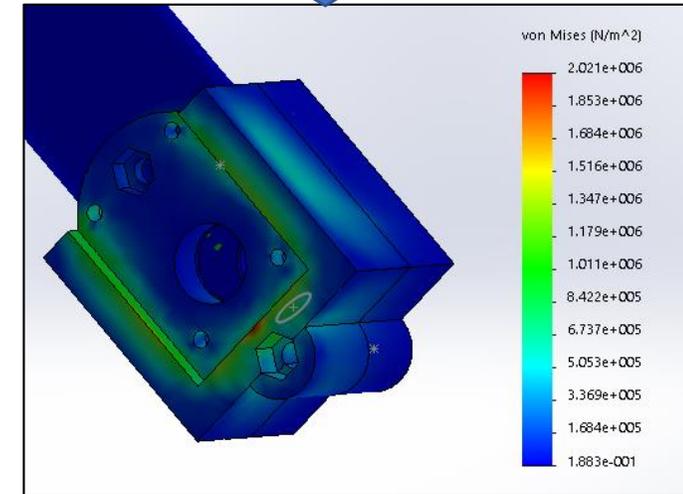
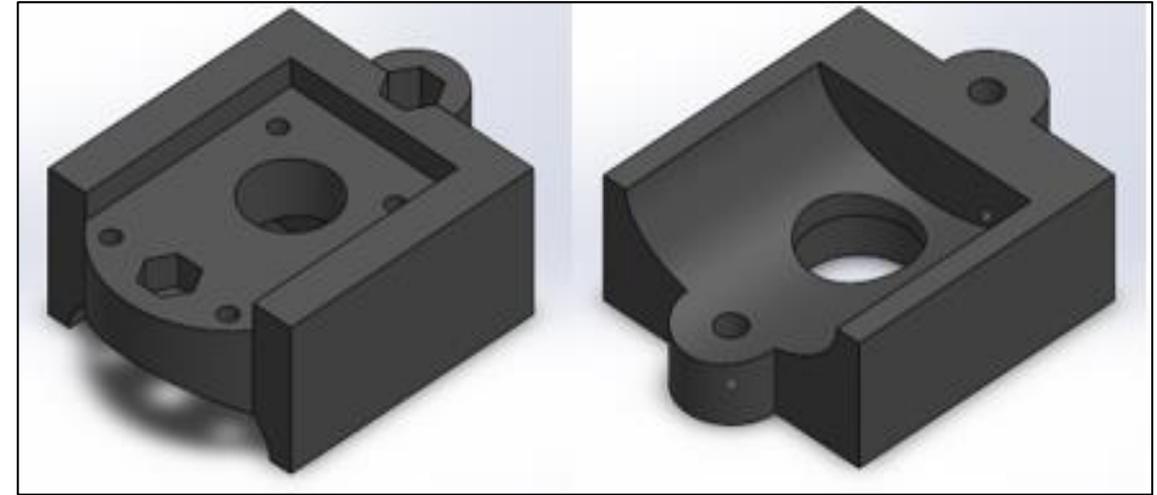
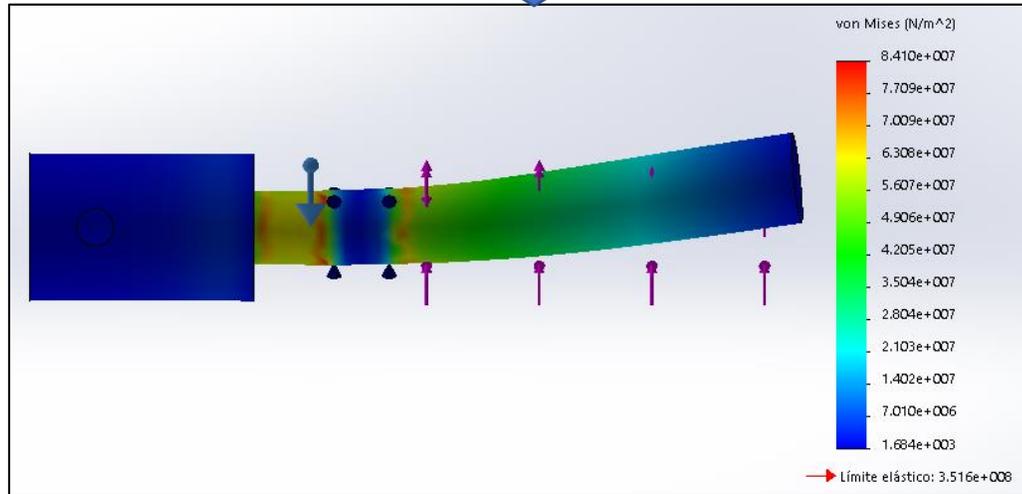
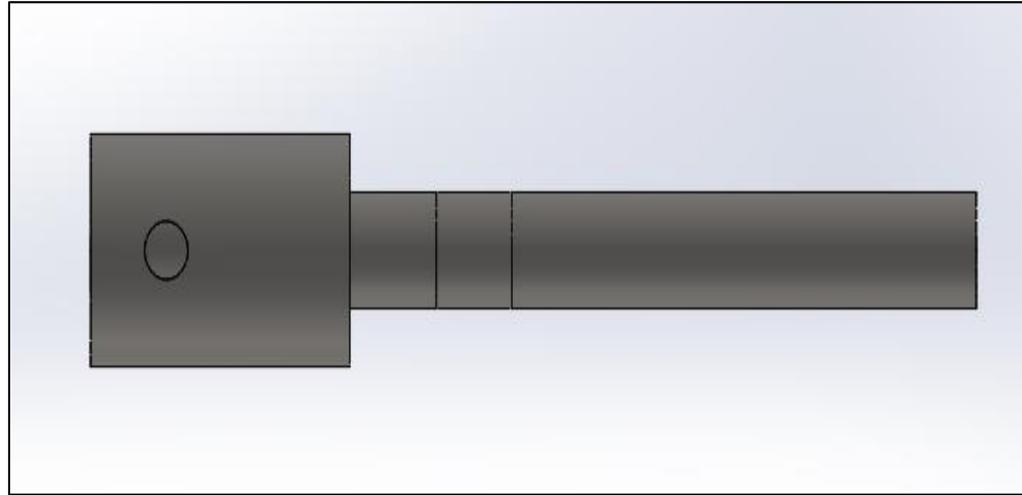
Criterios de selección	Estándar	Dos Ruedas	Cuatro Ruedas
Asistencia en el equilibrio	+	+	0
Asistencia en la marcha	-	-	+
Valor de retropropulsión	-	0	+
Facilidad de utilización	0	+	+
Facilidad de adquisición	+	+	0
Dimensiones	0	0	0
Suma +	2	3	3
Suma 0	2	2	3
Suma -	2	1	0
Evaluación Neta	0	2	3
¿Continuar?	No	No	Si

Matriz de evaluación de conceptos (Estructura Base)

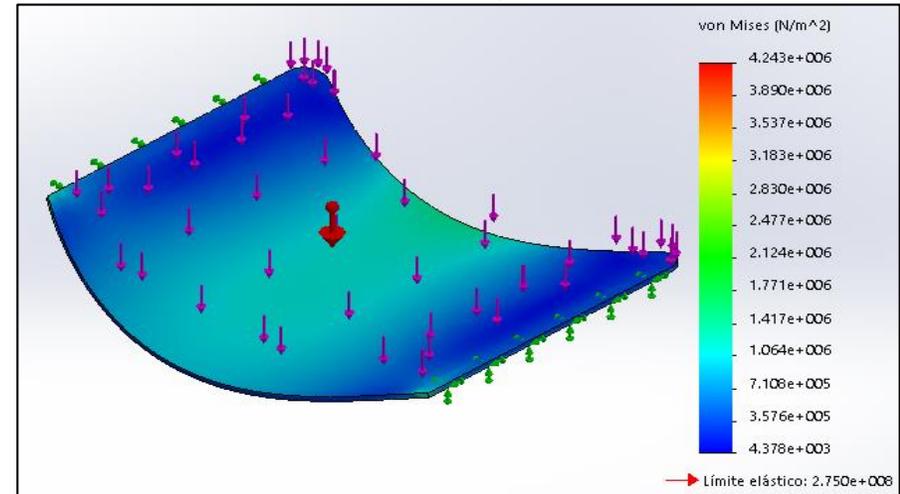
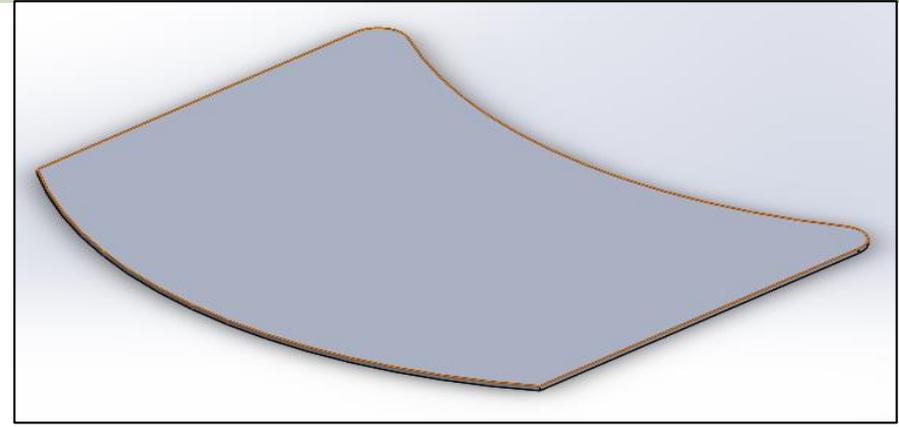
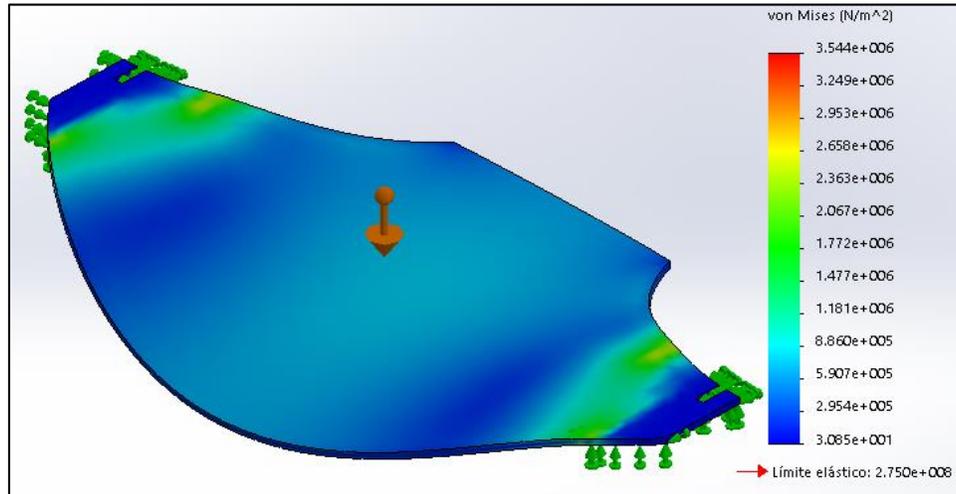
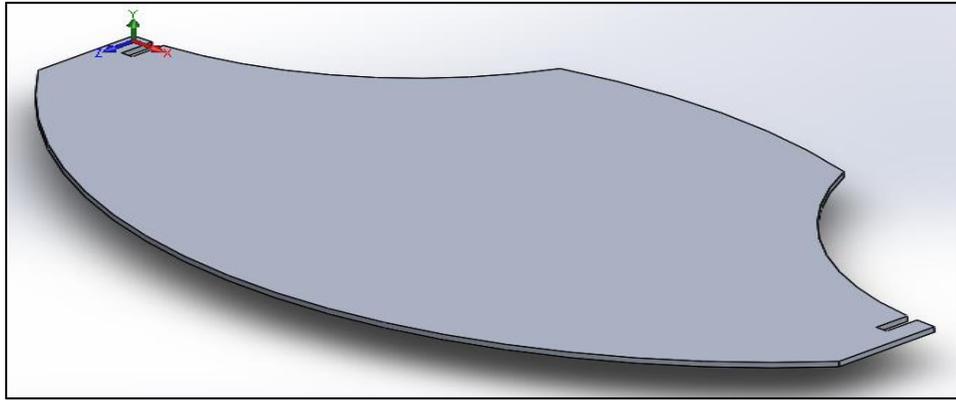
Criterios de selección	Peso	Estándar		Dos Ruedas		Cuatro Ruedas	
		Calif.	Ev. Po	Calif.	Ev. Po	Calif.	Ev. Po
Asistencia en el equilibrio	15%	4	0,6	4	0,6	3	0,45
Asistencia en la marcha	10%	2	0,2	3	0,3	5	0,5
Valor de retropropulsión	25%	2	0,5	3	0,75	5	1,25
Facilidad de utilización	15%	3	0,45	4	0,6	5	0,75
Facilidad de adquisición	20%	5	1	5	1	4	0,8
Dimensiones	15%	3	0,45	3	0,45	3	0,45
	Total		3,2		3,7		4,2
	Lugar		3		2		1
¿Continuar?			No		No		Si



ANÁLISIS DE ESFUERZOS



ANÁLISIS DE ESFUERZOS



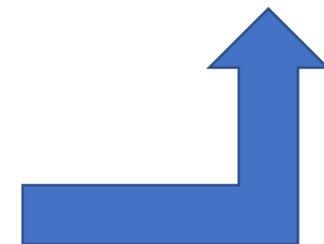
SELECCIÓN DEL RODAMIENTO

CONSIDERACIONES

- Velocidad de rotación constante de 110 RPM
- Temperatura de trabajo: 20°C
- Carga radial: 175 N
- Ambiente de trabajo: considerablemente limpio
- Lubricación: Por grasa y sin lubricación externa
- Diámetro interno: 8 mm
- Diámetro externo: 22 mm



Rodamiento SKF 608



Result

Deep groove ball bearings, Single row

Designation	d mm	D mm	B mm	C kN	C ₀ kN	L _{10m} 10 ⁶ rev	L _{10mh} hours	t _f hours	Notes
608 *	8.0	22.0	7.0	3.45	1.37	5270	799000	-	Loads

*SKF Explorer bearing

[Back](#) [Save](#) [Report](#)



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Matriz de selección de conceptos (Controladores)

Criterios de selección	Puente H L298 circuito integrado	Driver Motores Dc Mosfet Irf3205	Driver Motores Dc BTS7960B
Corriente nominal 10 ^a	-	+	+
Funcionamiento a altas frecuencias	+	+	+
Dimensiones	+	+	0
Precio	0	0	-
Protección por sobre voltaje y cortocircuito	0	+	+
Facilidad de adquisición	+	0	0
Facilidad de Control	0	+	-
Control dual de motores	+	+	-
Fácil implementación	0	+	0
Suma +	4	7	3
Suma 0	4	2	3
Suma -	1	0	3
Evaluación Neta	3	7	0
¿Continuar?	No	Si	No

Matriz de evaluación de conceptos (Controladores)

Criterios de selección	Peso	Puente H L298 circuito integrado		Driver Motores Dc Mosfet Irf3205		Driver Motores Dc BTS7960B	
		Calif.	Ev. Po.	Calif.	Ev. Po.	Calif.	Ev. Po.
Corriente nominal 10 ^a	25%	2	0,5	5	1,25	4	1
Funcionamiento a altas frecuencias	10%	3	0,3	3	0,3	3	0,3
Dimensiones	5%	3	0,15	3	0,15	3	0,15
Precio	10%	4	0,4	3	0,3	2	0,2
Protección por sobre voltaje y cortocircuito	15%	4	0,6	4	0,6	4	0,6
Facilidad de adquisición	5%	5	0,25	4	0,2	4	0,2
Facilidad de Control	5%	4	0,2	5	0,25	3	0,15
Control dual de motores	15%	4	0,6	4	0,6	1	0,15
Fácil implementación	10%	4	0,4	4	0,4	3	0,3
	Total		3,4		4,05		3,05
	Lugar		2		1		3
¿Continuar?			No		Si		No



Matriz de selección de conceptos (Energía)

Criterios de selección	Baterías de polímero de litio	Banco externo de baterías	Panel solar	Baterías de gel
Tiempo de carga corto	0	0	+	-
Capacidad	+	+	-	0
Dimensiones	+	+	-	0
Precio	0	0	+	0
Facilidad de adquisición	+	0	+	+
Facilidad de montaje	+	+	0	0
Suma +	4	3	3	1
Suma 0	2	3	1	4
Suma -	0	0	2	1
Evaluación Neta	4	3	1	0
¿Continuar?	Sí	Revisar	No	No

Matriz de evaluación de conceptos (Energía)

Criterios de selección	Peso	Baterías de polímero de litio		Banco externo de baterías		Panel solar		Baterías de gel	
		Calif.	Ev. Po.	Calif.	Ev. Po.	Calif.	Ev. Po.	Calif.	Ev. Po.
Tiempo de carga corto	20%	3	0,6	3	0,6	5	1	3	0,6
Capacidad	25%	5	1,25	4	1	1	0,25	4	1
Dimensiones	10%	4	0,4	4	0,4	3	0,3	3	0,3
Precio	15%	4	0,6	4	0,6	5	0,75	3	0,45
Facilidad de adquisición	15%	5	0,75	3	0,45	3	0,45	4	0,6
Facilidad de montaje	15%	4	0,6	4	0,6	3	0,45	3	0,45
	Total		4,2		3,65		3,2		3,4
	Lugar		1		2		4		3
¿Continuar?			Si		No		No		No

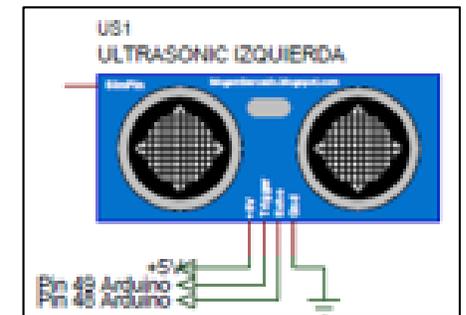


Matriz de selección de conceptos (Accionamiento)

Criterios de selección	Sensor ultrasónico	Sensor infrarrojo	Final de carrera	Sensor de fuerza
Precio	+	0	0	+
Fácil control	0	+	+	+
Bajo nivel de ruido	0	0	0	+
Tamaño	+	-	0	0
Facilidad de adquisición	+	+	+	+
Facilidad de implementación	+	-	-	0
Suma +	4	2	2	4
Suma 0	2	2	3	2
Suma -	0	2	1	0
Evaluación Neta	4	0	1	4
¿Continuar?	Revisar	No	No	Revisar

Matriz de evaluación de conceptos (Accionamiento)

Criterios de selección	Peso	Sensor ultrasónico y Sensor de fuerza		Sensor infrarrojo		Final de carrera	
		Calif.	Ev. Po.	Calif.	Ev. Po.	Calif.	Ev. Po.
Precio	15%	5	0,75	3	0,45	3	0,45
Fácil control	20%	5	1	4	0,8	4	0,8
Bajo nivel de ruido	20%	5	1	4	0,8	4	0,8
Tamaño	15%	5	0,75	3	0,45	4	0,6
Facilidad de adquisición	15%	5	0,75	3	0,45	3	0,45
Facilidad de implementación	15%	4	0,6	4	0,6	4	0,6
	Total		4,85		3,55		3,7
	Lugar		1		3		2
¿Continuar?			Si		No		No

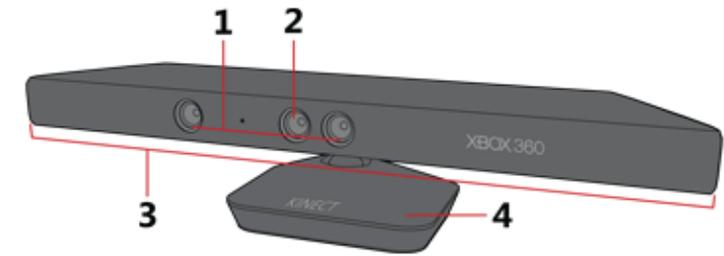


Matriz de selección de conceptos (Visión)

Criterios de selección	Kinect Xbox 360	Asus Xtion	Intel RealSense	Logitech C920
Resolución de la cámara	0	0	+	+
Creación de mapas de profundidad	+	+	0	-
Tiempo de apertura del lente	0	+	+	+
Angulo de visión	+	+	+	0
Frames por segundo	+	+	+	+
Fácil adquisición	+	-	-	0
Fácil implementación	0	0	0	+
Precio	+	-	-	+
Suma +	5	4	4	5
Suma 0	3	2	2	2
Suma -	0	2	2	1
Evaluación Neta	5	2	2	4
¿Continuar?	Sí	No	No	Revisar

Matriz de evaluación de conceptos (Visión)

Criterios de selección	Peso	Kinect Xbox 360		Asus Xtion		Intel RealSense		Logitech C920	
		Calif.	Ev. Po.	Calif.	Ev. Po.	Calif.	Ev. Po.	Calif.	Ev. Po.
Resolución de la cámara	10%	4	0,4	4	0,4	4	0,4	5	0,5
Creación de mapas de profundidad	20%	5	1	5	1	5	1	2	0,4
Tiempo de apertura del lente	10%	4	0,4	4	0,4	4	0,4	4	0,4
Angulo de visión	15%	4	0,6	4	0,6	4	0,6	3	0,45
Frames por segundo	15%	4	0,6	5	0,75	4	0,6	4	0,6
Fácil adquisición	10%	5	0,5	2	0,2	2	0,2	4	0,4
Fácil implementación	10%	4	0,4	4	0,4	4	0,4	5	0,5
Precio	10%	4	0,4	3	0,3	3	0,3	4	0,4
	Total		4,3		4,05		3,9		3,65
	Lugar		1		2		4		3
¿Continuar?			Si		No		No		No

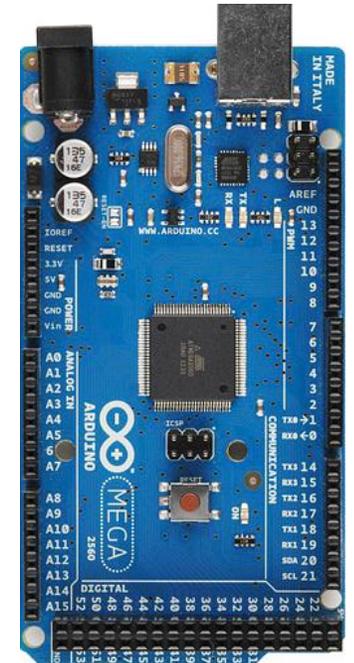


Matriz de selección de conceptos (Adquisición)

Criterios de selección	Arduino	Microcontrolador PIC
Acondicionamiento de señales de entrada / salida	+	-
Librerías adicionales	+	0
Precio	0	+
Memoria	+	+
Facilidad de adquisición	+	+
Facilidad de implementación	+	0
Suma +	5	3
Suma 0	1	1
Suma -	0	1
Evaluación Neta	5	2
¿Continuar?	Si	No

Matriz de evaluación de conceptos (Adquisición)

Criterios de selección	Arduino			Microcontrolador PIC	
	Peso	Calif.	Ev. Po.	Calif.	Ev. Po.
Acondicionamiento de señales de entrada / salida	25%	5	1,25	4	1
Librerías adicionales	15%	5	0,75	3	0,45
Precio	15%	4	0,6	4	0,6
Memoria	15%	4	0,6	3	0,45
Facilidad de adquisición	15%	4	0,6	4	0,6
Facilidad de implementación	15%	5	0,75	3	0,45
		Total			
			4,55		3,55
	Lugar		1		2
¿Continuar?			Si		No



Matriz de selección de conceptos (Control Principal)

Criterios de selección	Raspberry Pi 3	Beaglebone	Lattepanda
Velocidad de procesamiento	0	0	+
Dimensiones	+	+	+
Precio	+	-	-
Adaptabilidad de sistemas operativos	+	+	-
Facilidad de adquisición	+	0	0
Tamaño de memoria	0	0	+
Facilidad de implementación	+	0	0
Suma +	5	2	3
Suma 0	2	4	2
Suma -	0	1	2
Evaluación Neta	5	1	1
¿Continuar?	Si	No	No

Matriz de evaluación de conceptos (Control Principal)

Criterios de selección	Peso	Raspberry Pi 3		Beaglebone		Lattepanda	
		Calif.	Ev. Po	Calif.	Ev. Po	Calif.	Ev. Po
Velocidad de procesamiento	15%	3	0,45	3	0,45	5	0,75
Dimensiones	10%	4	0,4	4	0,4	4	0,4
Precio	15%	5	0,75	4	0,6	3	0,45
Adaptabilidad de sistemas operativos	25%	5	1,25	4	1	2	0,5
Facilidad de adquisición	10%	4	0,4	4	0,4	3	0,3
Tamaño de memoria	15%	4	0,6	4	0,6	5	0,75
Facilidad de implementación	10%	4	0,4	4	0,4	4	0,4
	Total		4,25		3,85		3,55
	Lugar		1		2		3
¿Continuar?			Sí		No		No

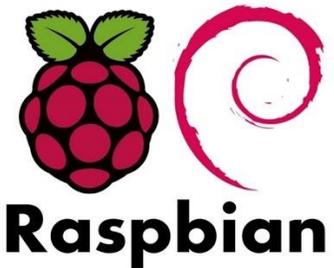
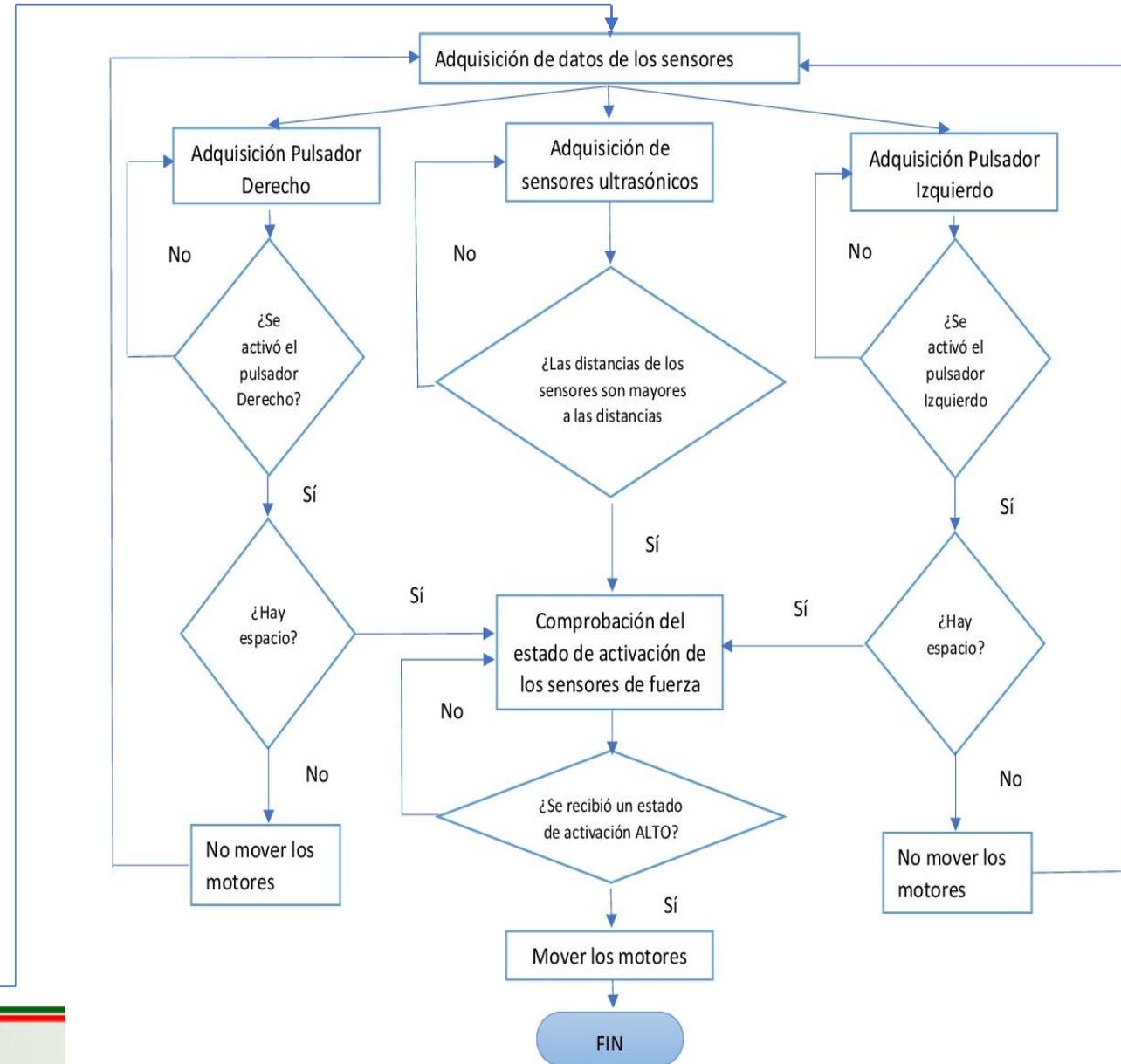
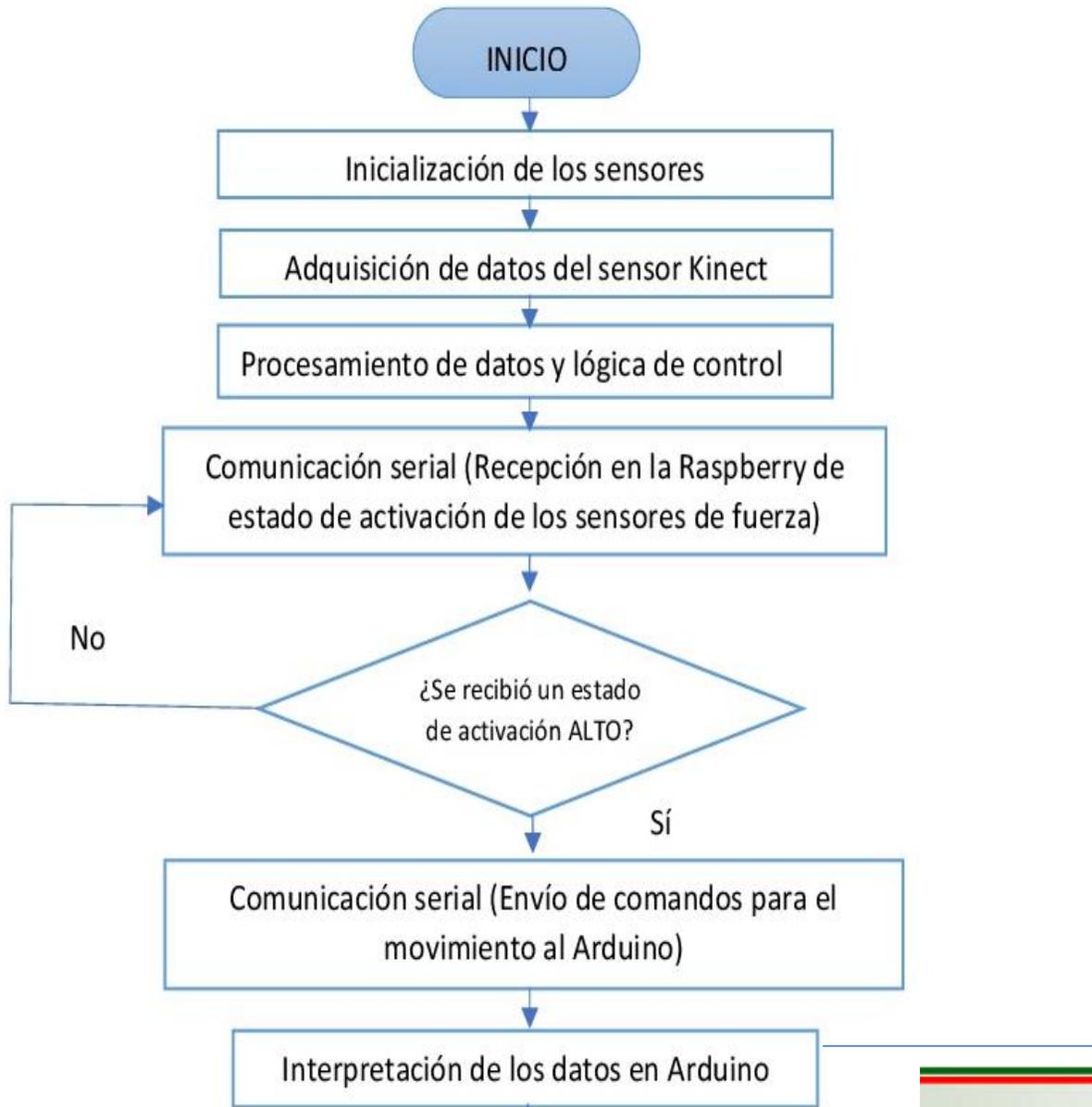
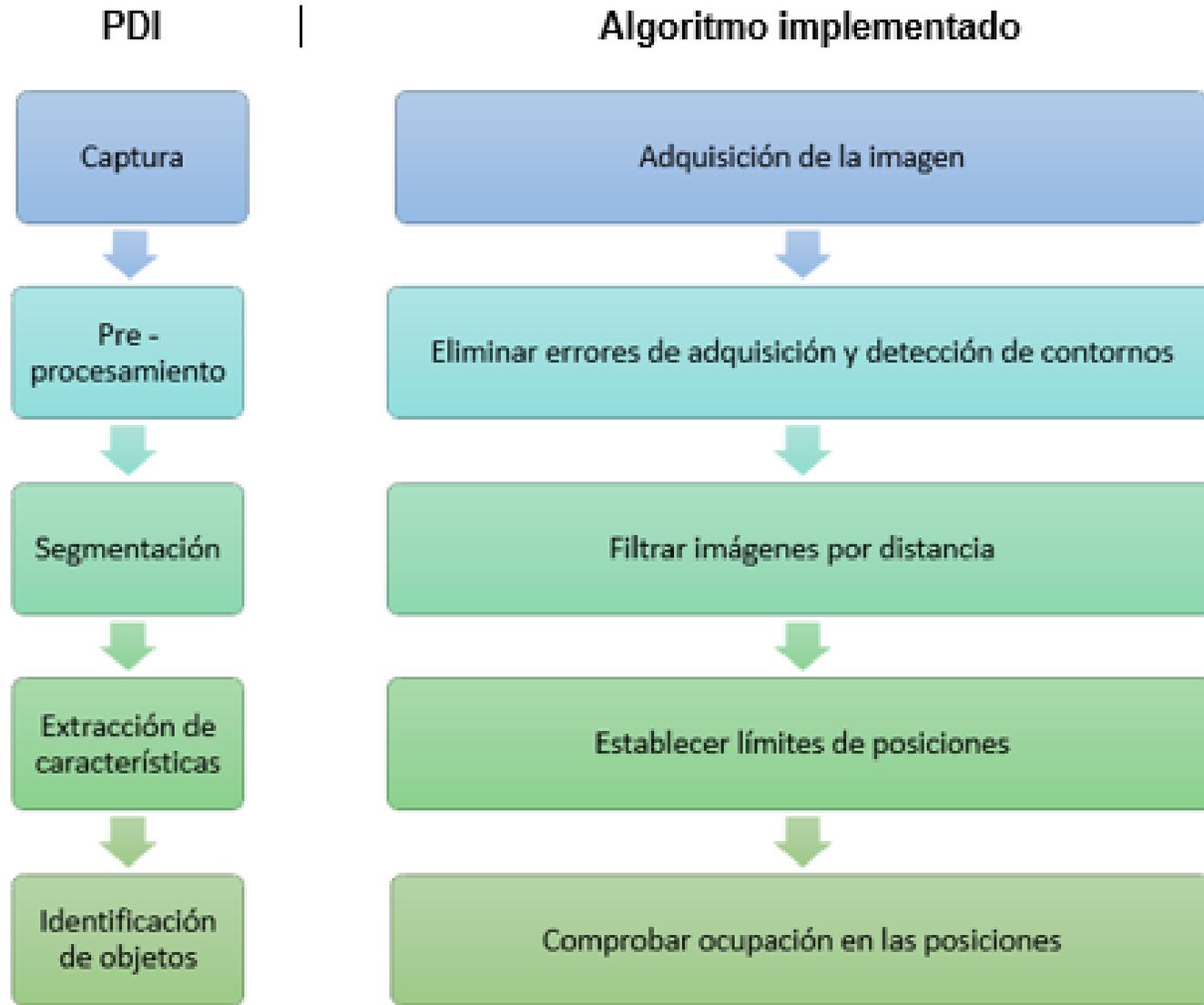


DIAGRAMA DE FLUJO





- Comparación entre el diagrama de procesamiento digital de imágenes y el algoritmo implementado

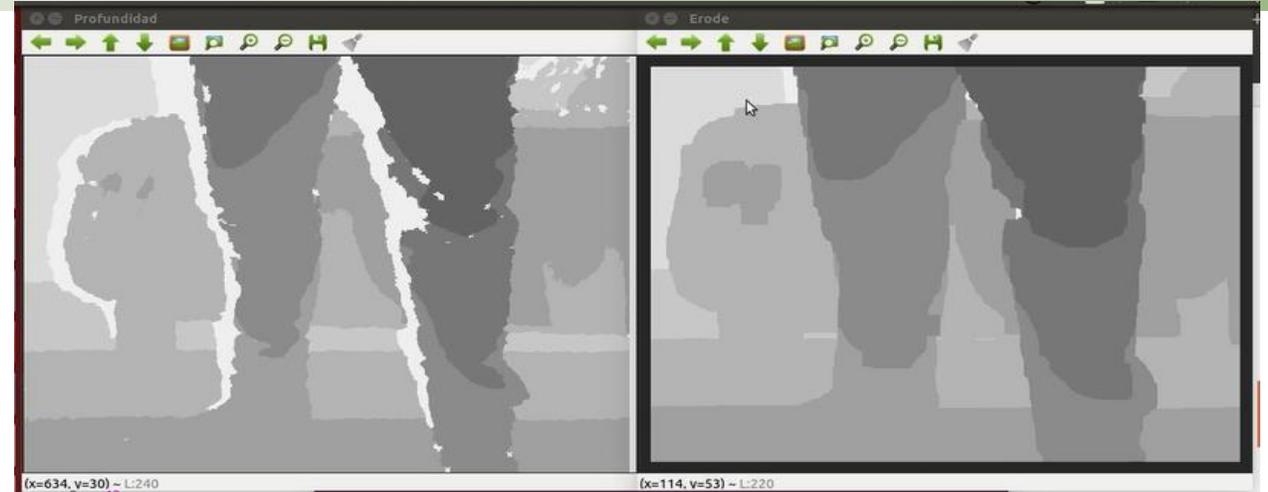
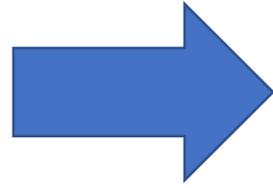
ADQUISICIÓN DE LA IMAGEN

- El primer paso es crear las funciones para la adquisición de los datos provenientes del sensor Kinect definidas como *frame_video()* y *frame_depth()* que obtienen los datos de la cámara RGB y la información del sensor de profundidad respectivamente

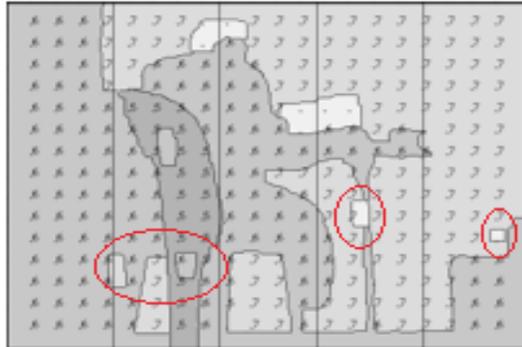


PRE-PROCESAMIENTO

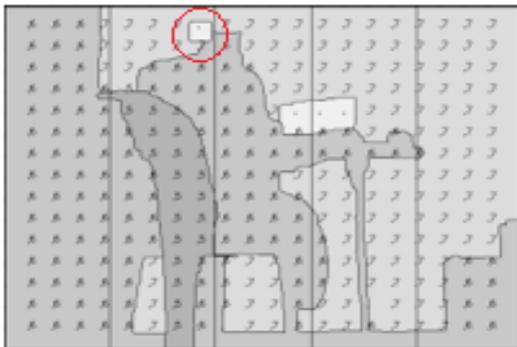
- Eliminación del ruido presente en la escena



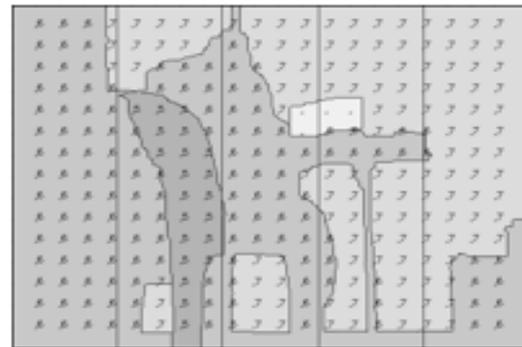
a) kernel 3x3



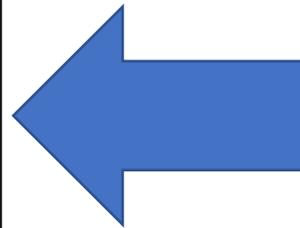
b) kernel 5x5



c) kernel 7x7



d) kernel 9x9



- Búsqueda y pruebas de tamaño de kernel óptimo

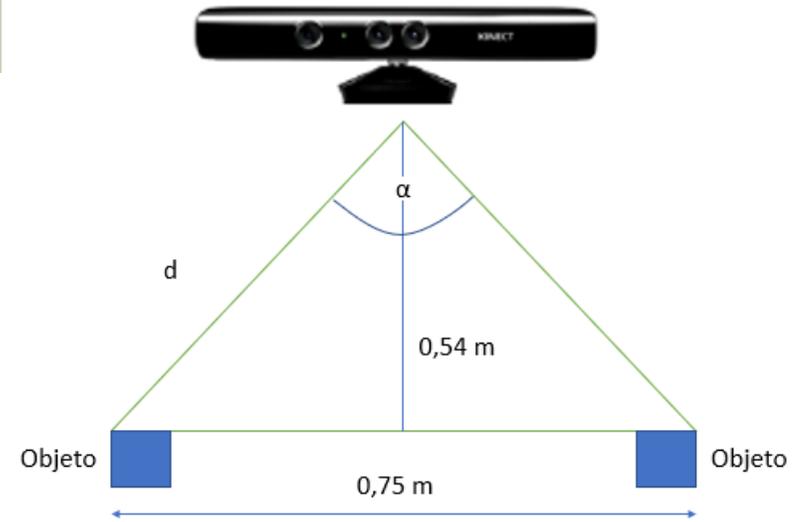


SEGMENTACIÓN

- Cálculo del ángulo de visión real del sensor Kinect

Correspondencia de distancia en el mapa de profundidad

Analogía	Distancia (cm)	Valor en el mapa de profundidad
0	Menor que 52	80
1	De 52 a 62	100
2	De 62 a 72	120
3	De 72 a 89	140
4	De 89 a 114	160
5	De 114 a 146	180
6	De 146 a 160	200
7	Mayor a 160	220



- Calibración y correspondencia entre distancias y datos en el mapa de profundidad adquiridos.



PRUEBAS DE VARIACIÓN DEL ÁNGULO DEL KINECT

- Búsqueda del ángulo del sensor Kinect óptimo para trabajar con objetos pequeños y no reconozca el suelo como un objeto.



a) Ángulo de la Kinect = 30

d) Ángulo de la Kinect = 25

c) Ángulo de la Kinect = 20

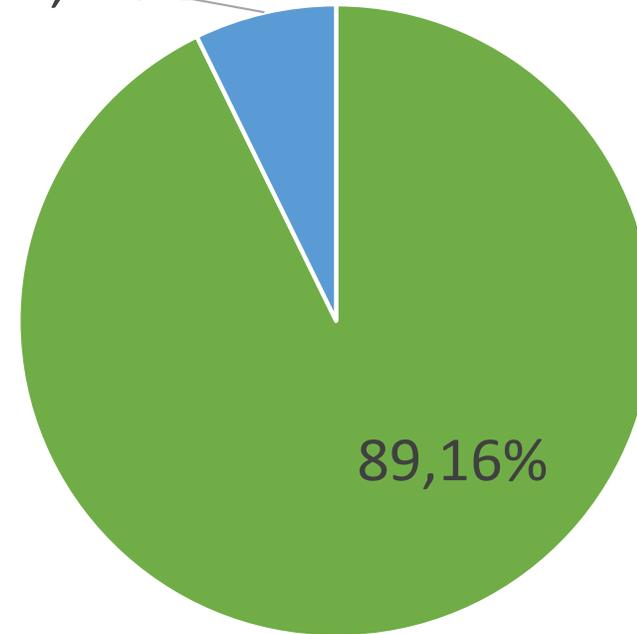
b) Ángulo de la Kinect = 15



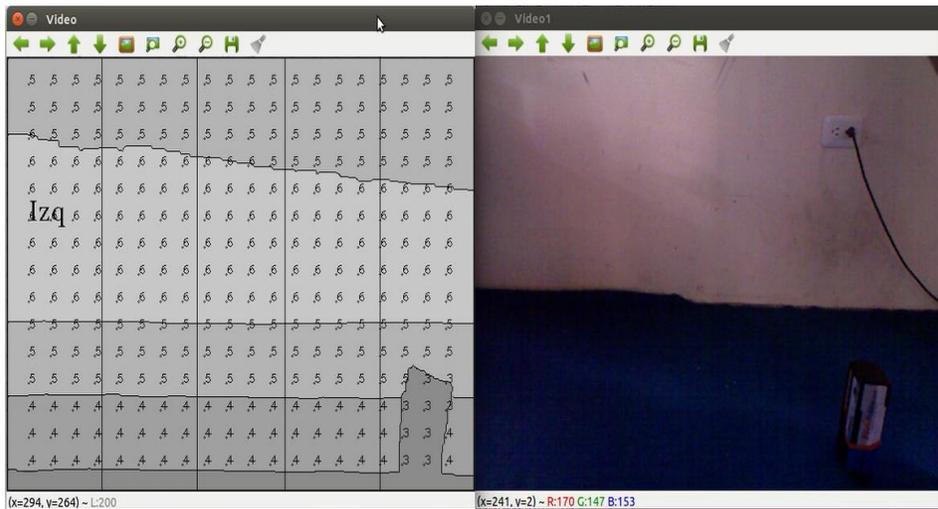
PRUEBAS DE DETECCIÓN DE OBJETOS PEQUEÑOS

Detección y evasión de objetos pequeños

10,84%

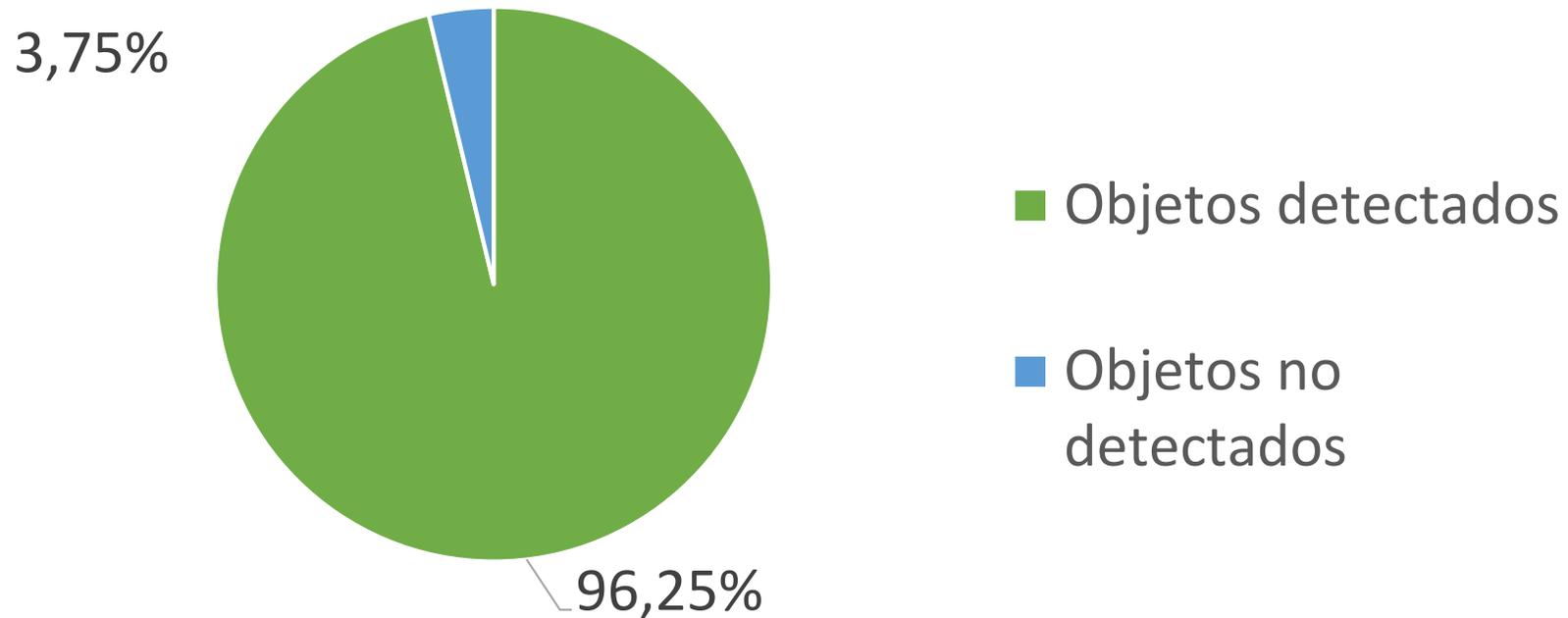


- Objetos detectados
- Objetos no detectados



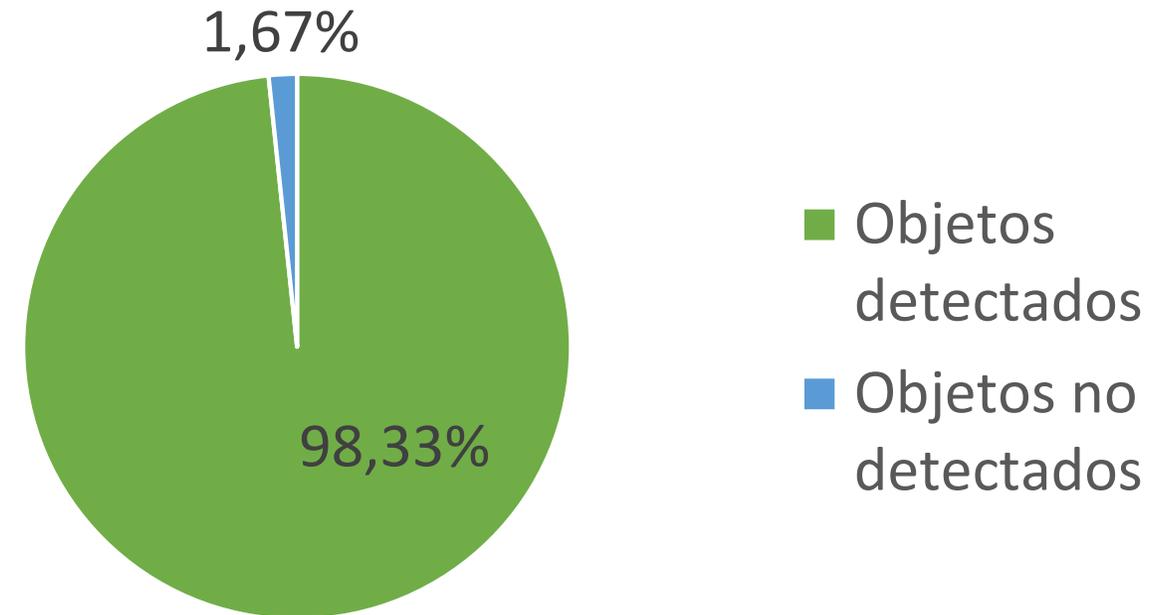
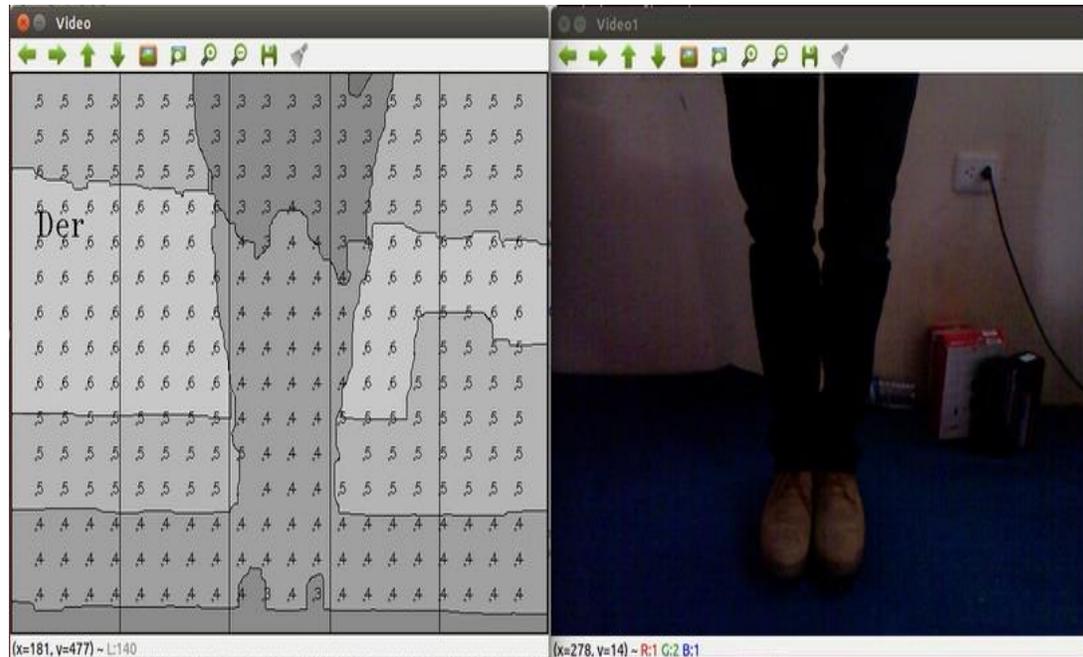
PRUEBAS DE DETECCIÓN DE OBJETOS MEDIANOS Y GRANDES

Detección y evasión de objetos medianos y grandes

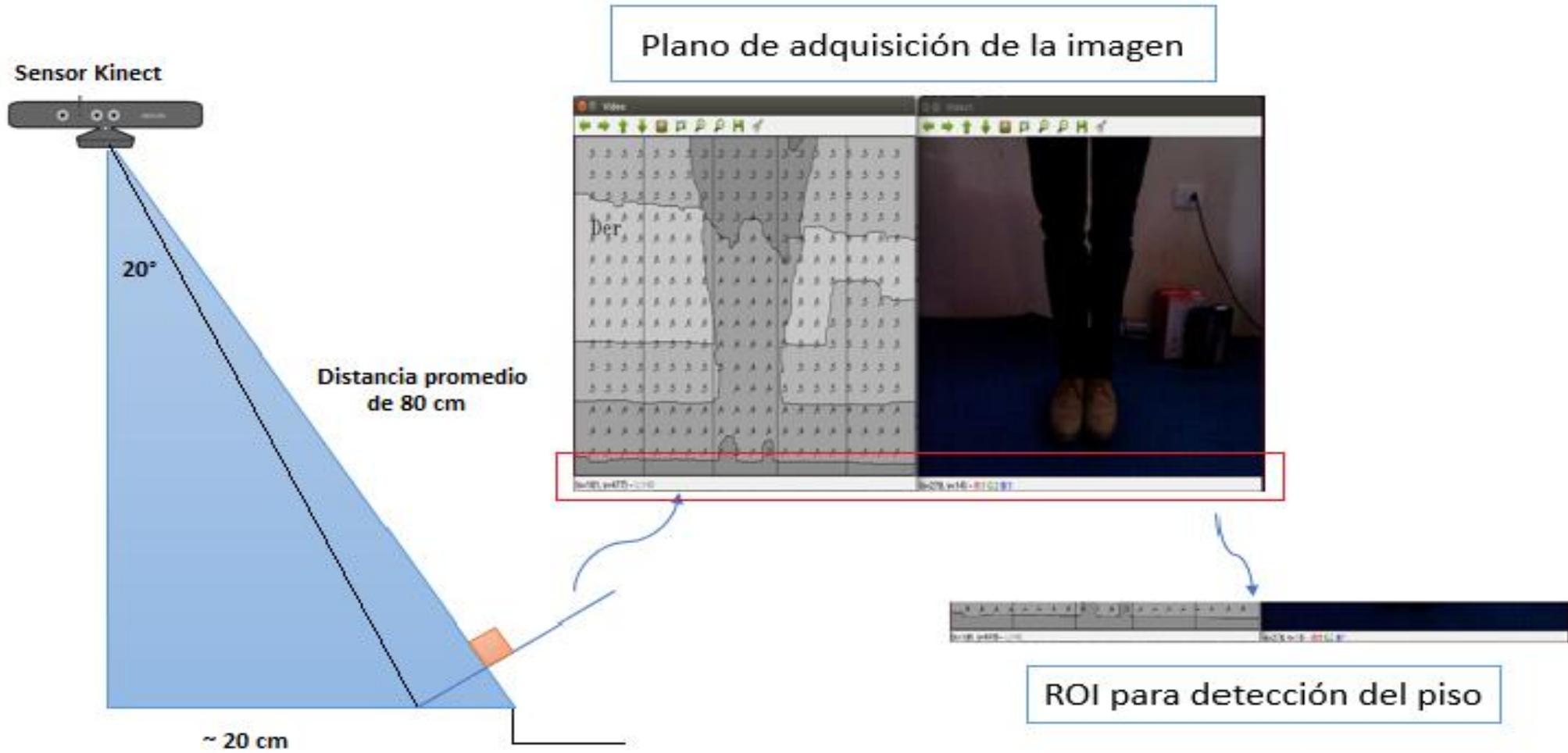


PRUEBAS DE DETECCIÓN DE OBJETOS DINÁMICOS

Detección y evasión de objetos dinámicos



ALGORITMO DE DETECCIÓN DE GRADAS



VALIDACION DE LA HIPOTESIS

Datos para calcular chi-cuadrado

	Objetos pequeños	Objetos medianos y grandes	Objetos dinámicos	Total
Evadió	74	77	59	210
No evadió	9	3	1	13
Total	83	80	60	223

$$x^2 = \sum_{i=0}^5 \frac{(f - ft)^2}{ft}$$

$$x^2 = 6,325$$



VALIDACION DE LA HIPOTESIS

DISTRIBUCION DE χ^2

Grados de libertad	Probabilidad											
	0,95	0,90	0,80	0,70	0,50	0,30	0,20	0,10	0,05	0,01	0,001	
1	0,004	0,02	0,06	0,15	0,46	1,07	1,64	2,71	3,84	6,64	10,83	
2	0,10	0,21	0,45	0,71	1,39	2,41	3,22	4,60	5,99	9,21	13,82	
3	0,35	0,58	1,01	1,42	2,37	3,66	4,64	6,25	7,82	11,34	16,27	
4	0,71	1,06	1,65	2,20	3,36	4,88	5,99	7,78	9,49	13,28	18,47	
5	1,14	1,61	2,34	3,00	4,35	6,06	7,29	9,24	11,07	15,09	20,52	
6	1,63	2,20	3,07	3,83	5,35	7,23	8,56	10,64	12,59	16,81	22,46	
7	2,17	2,83	3,82	4,67	6,35	8,38	9,80	12,02	14,07	18,48	24,32	
8	2,73	3,49	4,59	5,53	7,34	9,52	11,03	13,36	15,51	20,09	26,12	
9	3,32	4,17	5,38	6,39	8,34	10,66	12,24	14,68	16,92	21,67	27,88	
10	3,94	4,86	6,18	7,27	9,34	11,78	13,44	15,99	18,31	23,21	29,59	
	No significativo								Significativo			

$x_{tbl}^2 = 5,99$

$x_{calc}^2 > x_{tbl}^2 = H_i$ es válida

$x_{calc}^2 < x_{tbl}^2 = H_o$ es válida

$6,325 > 5,99 = H_i$ es válida



PRESUPUESTO

Cantidad	Concepto	Precio unitario	Total
1	Estructura base	135,49	135,49
2	Baterías	80	160
1	Cargador de baterías	10	10
1	Kit raspberry	150	150
1	Sensor Kinect	30	30
4	Sensores ultrasónicos	1,5	6
1	Banco de baterías	40	40
1	Arduino mega	20	20
1	Convertidor de voltaje	6	6
1	Driver de motores dc	35	35
1	Fuente Kinect	30	30
2	Bases de aluminio	86	86
1	Carcasa	25	25
	Impresiones 3d	140	140
2	Sensores de presión	15	30
1	Eje de acero	4	4
1	Eje de aluminio	8	8
1	Techado Logitech	30	30
	Diseño y construcción		1000
	Artículos varios	200	200
			2145,49



CONCLUSIONES

- Se ha diseñado y construido un andador inteligente, el cual con la ayuda de las imágenes de profundidad proporcionadas por la Kinect es capaz de evitar obstáculos con el uso de librerías de código abierto.
- La selección de componentes electrónicos como: driver, arduino y conversores de voltaje se realiza después de un cálculo y análisis de los parámetros que estos manejarán debido a que es preferible adquirir del mercado el circuito completo que obtener todos los componentes necesarios para ensamblar por cuenta propia.



CONCLUSIONES

- La estructura mecánica fue construida a partir de una base ya que la construcción en su totalidad no puede llevarse a cabo por la dificultad de elaborarla en aluminio. El andador puede ser regulado en altura lo cual permite que un mayor grupo de personas puede usarlo adaptándose a sus necesidades.
- El programa principal de evasión de obstáculos fue diseñado mediante el uso de librerías de OpenCV, que brinda una amplia variedad de filtros y seccionamiento, todo este procesamiento se realiza en tiempo real con las imágenes de profundidad otorgadas por la Kinect.



- Se implementó el sistema mecánico y el sistema de control, el andador fue diseñado en configuración diferencial con dos ruedas tipo castor en la parte delantera, en donde el sistema de control debe ser capaz de evadir obstáculos al considerar esta característica de diseño.
- La forma de los objetos que son detectados por el sensor Kinect no es un factor importante ya que el algoritmo detecta formas regulares o irregulares mediante el uso de la información de profundidad del sensor.



- El algoritmo de detección de objetos se complementa con la evasión de estos, para lo cual el ángulo de inclinación de la cámara es de 20 grados para optimizar la detección de objetos pequeños que se encuentren frente al andador.
- La mayor efectividad del algoritmo se da cuando los objetos no presentan características de transparencia o reflectancia, ya que no pueden ser detectados y se detectan parcialmente.



- Dado que el rango de adquisición de la Kinect es a partir de aproximadamente 50 cm, se optó por complementar la evasión de objetos con sensores ultrasónicos distribuidos en 3 sentidos y así obtener mejores resultados.
- Para optimizar la etapa de detección de objetos se dividió la imagen en cinco secciones verticales, dentro de las cuales se realizó la lógica de programación mediante la utilización de estados de ocupación.



CONCLUSIONES

- El espesor de los objetos a detectar no influye en gran medida, ya que el sensor detecta el primer plano de estos, acorde a las distancias especificadas.
- El tiempo de adquisición de datos de los sensores ultrasónicos añade tiempo de retardo en la comunicación serial entre la tarjeta de control Raspberry pi y arduino para lo cual se optó por la utilización de un arduino nano para la adquisición de las distancias de dichos sensores y de esta manera la evasión de los obstáculos sea en tiempo real.



- El diseño y posterior construcción de las partes del andador se realizó en material PLA como materia prima para las impresiones 3D que dieron excelentes resultados por la resistencia que presenta este material además del costo accesible.
- La implementación de encoders en los motores ha dado resultados aceptables, ya que por medio de interrupciones en arduino, al comparar el número de pulsos de cada rueda con las mismas velocidades y tiempo los resultados tienen un mínimo porcentaje de error relativo.



CONCLUSIONES

- La lógica de programación del andador inteligente considera como un posible riesgo a los pasos a desnivel o gradas, cuya acción es el paro inmediato del sistema, caso que no sucede en los andadores convencionales y el adulto mayor resulta herido ya que por su reducida visibilidad no percibe una grada o un desnivel en su trayectoria.
- Al trabajar con los datos de profundidad del sensor Kinect la iluminación del lugar es un factor determinante para lo cual el presente proyecto está diseñado para su utilización en interiores, caso contrario como medida de seguridad si el sensor detecta cambios de iluminación elevados el dispositivo permanece en un estado de paro.



- Una condición en la que es necesaria la intervención de las terapeutas o ayudantes es cuando el andador se encuentre en un punto muerto, es decir, se ubique en la esquina de una pared sin tener la opción de giro en ningún sentido y el mismo se mantiene detenido, caso que no sucedía anteriormente ya que los ayudantes debían permanecer en estado de apoyo en todo momento.



GRACIAS



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA