



ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

“Diseño y construcción de una estructura automática de orugas para movilizar una silla de ruedas a través de escaleras”.

- NANCY TIPANLUISA
- IVONE VILLACÍS

ING. ERNESTO SANTILLÁN

DIRECTOR

ING. FÉLIX MANJARRÉS

CODIRECTOR

LATACUNGA , FEBRERO 2015



PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Una persona con discapacidad, de edad avanzada o con otro tipo de enfermedad que limiten sus extremidades inferiores se encuentra con diferentes barreras al moverse en su entorno.

Las sillas de ruedas convencionales no permiten que las personas que necesitan de ellas puedan moverse de una manera íntegra ya que con ellas no se puede subir y bajar escaleras y esto representa una gran limitación para su movilidad.

En la actualidad existen ascensores para moverse desde una planta de un edificio hacia otra, no en todas las edificaciones es posible su implementación. Es por ello que se ha optado por realizar la adaptación de un sistema de orugas automático que les permita a las personas con discapacidad motriz o de edad avanzada subir y bajar escaleras de una manera simple, dándoles la oportunidad de alcanzar un mejor desempeño en su entorno laboral o su diario vivir.

En el caso de las personas que por su edad no pueden moverse sobre escaleras ayudará a mejorar su estilo de vida.



OBJETIVOS

GENERAL

- ✓ Diseñar y construir una estructura automática de orugas para movilizar una silla través de escaleras.

ESPECÍFICOS

- ✓ Diseñar el sistema mecánico de orugas.
- ✓ Diseñar el sistema electrónico.
- ✓ Implementar el sistema de control.
- ✓ Especificar la capacidad de carga que soportará la estructura.
- ✓ Integrar el sistema mecánico y electrónico y adaptar el sistema de control para manipular el sistema automático.



APLICACIÓN DEL DISEÑO CONCURRENTE

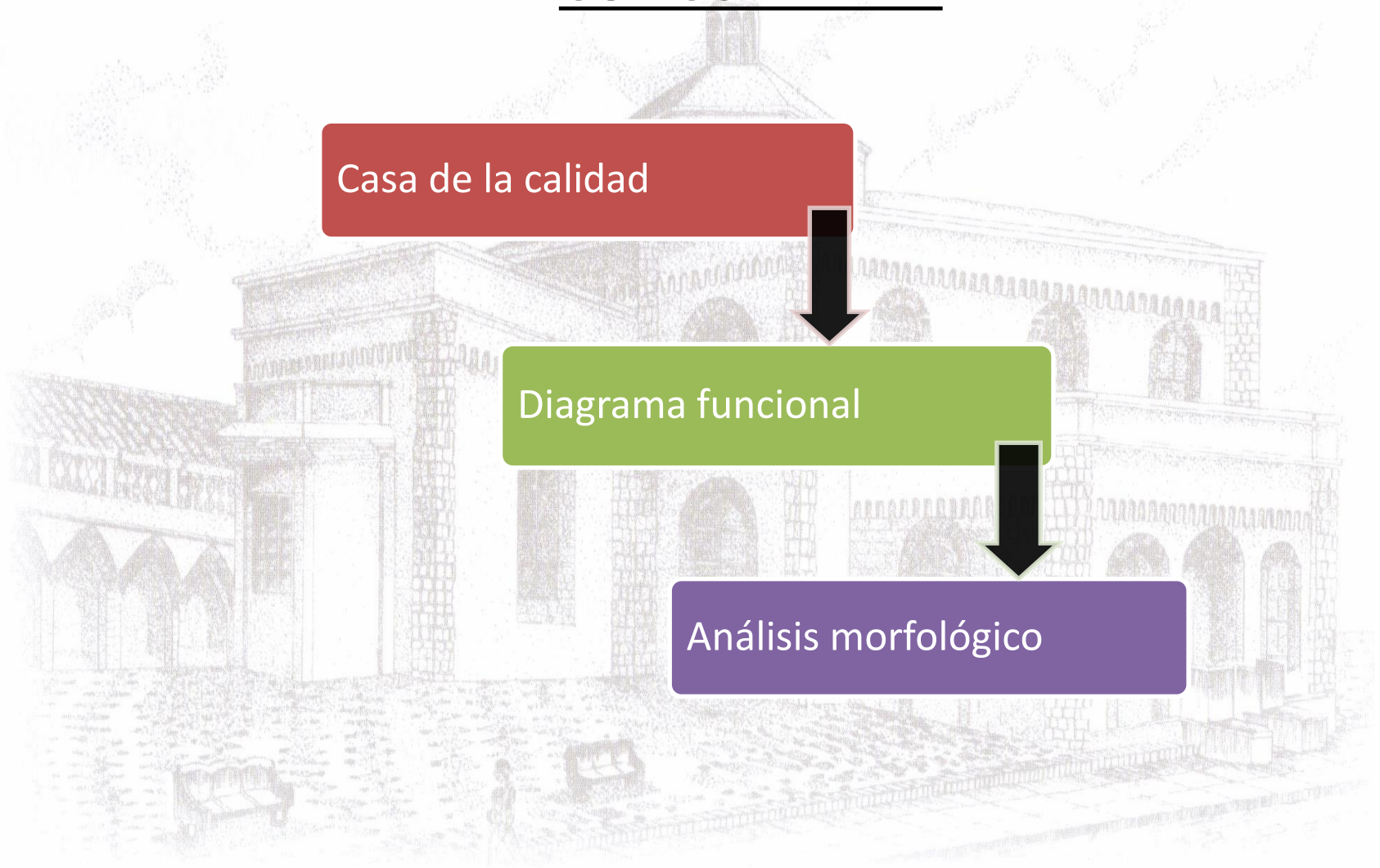
Casa de la calidad



Diagrama funcional



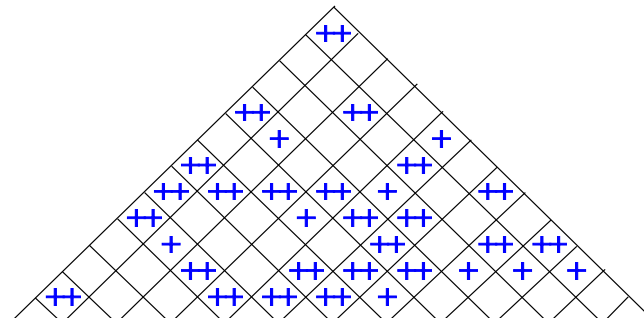
Análisis morfológico



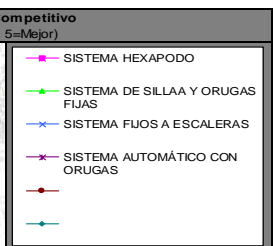


CASA DE LA CALIDAD

Legenda	
⊙	Relación Fuerte 9
○	Relación Moderada 3
△	Relación Débil 1
++	Correlación positiva Fuerte
+	Correlación Positiva
-	Correlación Negativa
▼	Correlación negativa Fuerte
▲	Objetivo para minimizar
▲	Objetivo para maximizar
X	Objetivo para alcanzar meta



Fila N	Valor Máximo de la Relación en la Fila	Peso Relativo	Peso / Importancia	Características de la Calidad (a.k.a. "Requerimientos Funcionales" o "Comos")	Column #												Analisis Competitivo				
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	0	1	2	3	4
1	9	10,0	2,0	INNOVADOR	⊙	▲	○	○	○	○	○	○	○	▲	○	○	○	5	5	4	5
2	9	15,0	3,0	SEGURO	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	3	4	4	5
3	9	15,0	3,0	CÓMODO	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	3	4	4	4
4	9	15,0	3,0	FÁCIL DE TRANSPORTAR	▲	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	2	3	1	4
5	9	10,0	2,0	FÁCIL DE OPERAR	○	○	○	○	○	○	○	○	○	▲	○	○	○	2	4	4	5
6	9	15,0	3,0	BAJO CONSUMO DE ENERGÍA	○	○	○	○	▲	▲	○	○	○	▲	○	○	○	3	2	2	5
7	9	20,0	4,0	BAJO COSTO	○	▲	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	2	2	2	4
8																					
9																					
10																					



Meta (Target) o Valor Limite	INALÁMBRICO	8m/min	130kg	12-24 VDC	15 AÑOS	15 AÑOS	5 AÑOS	60kg	15 AÑOS	95%	ORUGAS	11Mx1mx0.35m
Dificultad (0=Facil de lograr, 10=Extremadamente Difícil)	6	3	5	6	5	4	5	7	7	4	6	4
Valor Máximo de la relación en la Columna.	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Peso / Importancia	600,0	420,0	660,0	510,0	600,0	540,0	570,0	750,0	550,0	490,0	660,0	510,0
Peso Relativo	8,7	6,1	9,6	7,4	8,7	7,9	8,3	10,9	8,0	7,1	9,6	7,4

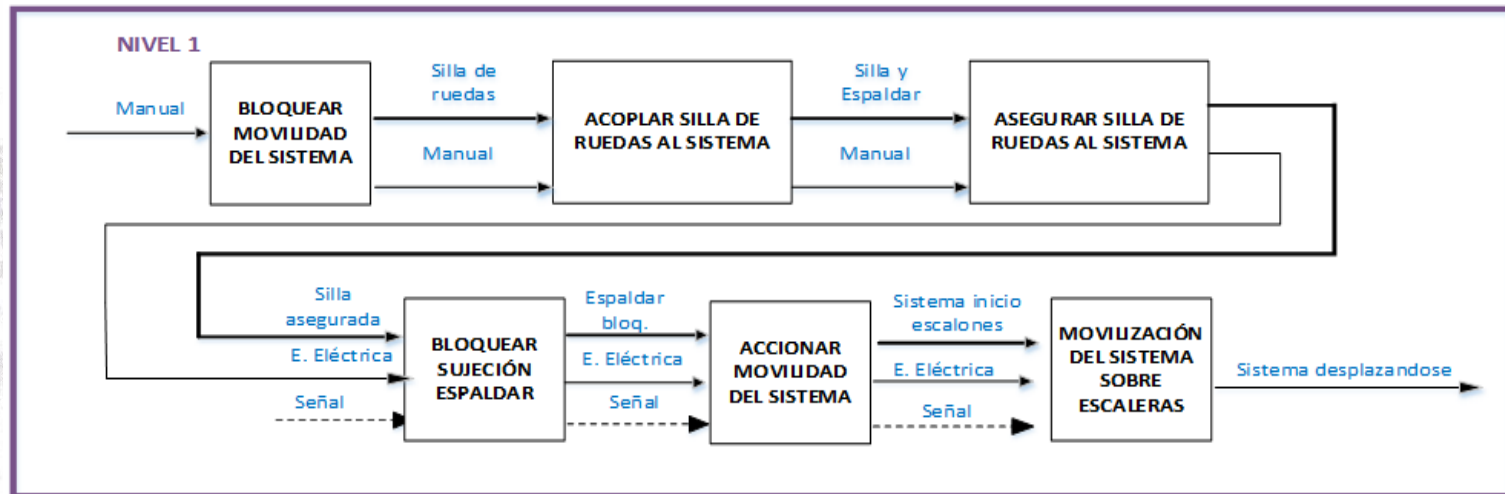


ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SISTEMA

Empresa: UFA ESPE Latacunga		Producto: Estructura automática de orugas para movilizar una silla de ruedas a través de escaleras		Fecha inicial: 27/10/2014 Última revisión: 05//12/2014
				Página 1/1
Concepto	Fecha	Propone	R/D	Descripción
Función	27/10/14	D	R	Movilizar personas discapacitadas en silla de ruedas a través de escaleras
Capacidad de carga	27/10/14	D	D	140 Kg
Peso del sistema	27/10/14	D+M	R	50 Kg
Velocidad	27/10/14	D+I	D	8m/min
Alimentación	27/10/14	I	R	DC mediante baterías
Potencia motores	27/10/14	I+C	R	300 W
Dimensiones	27/10/14	M+D	R	1.4m x 0.60m x 1m
Inclinación máx.	27/10/14	D	D	35º
Freno	27/10/14	D+I	R	Electromagnético
Mando	27/10/14	C+I	R	Control con botones de mando, leds indicadores, paro de emergencia.
Cargador de baterías	27/10/14	C	D	Automático
Portátil	27/10/14	C	D	Fácil desmontaje y montaje para su transportación
Mantenimiento	27/10/14	C+M	R	Sencillo



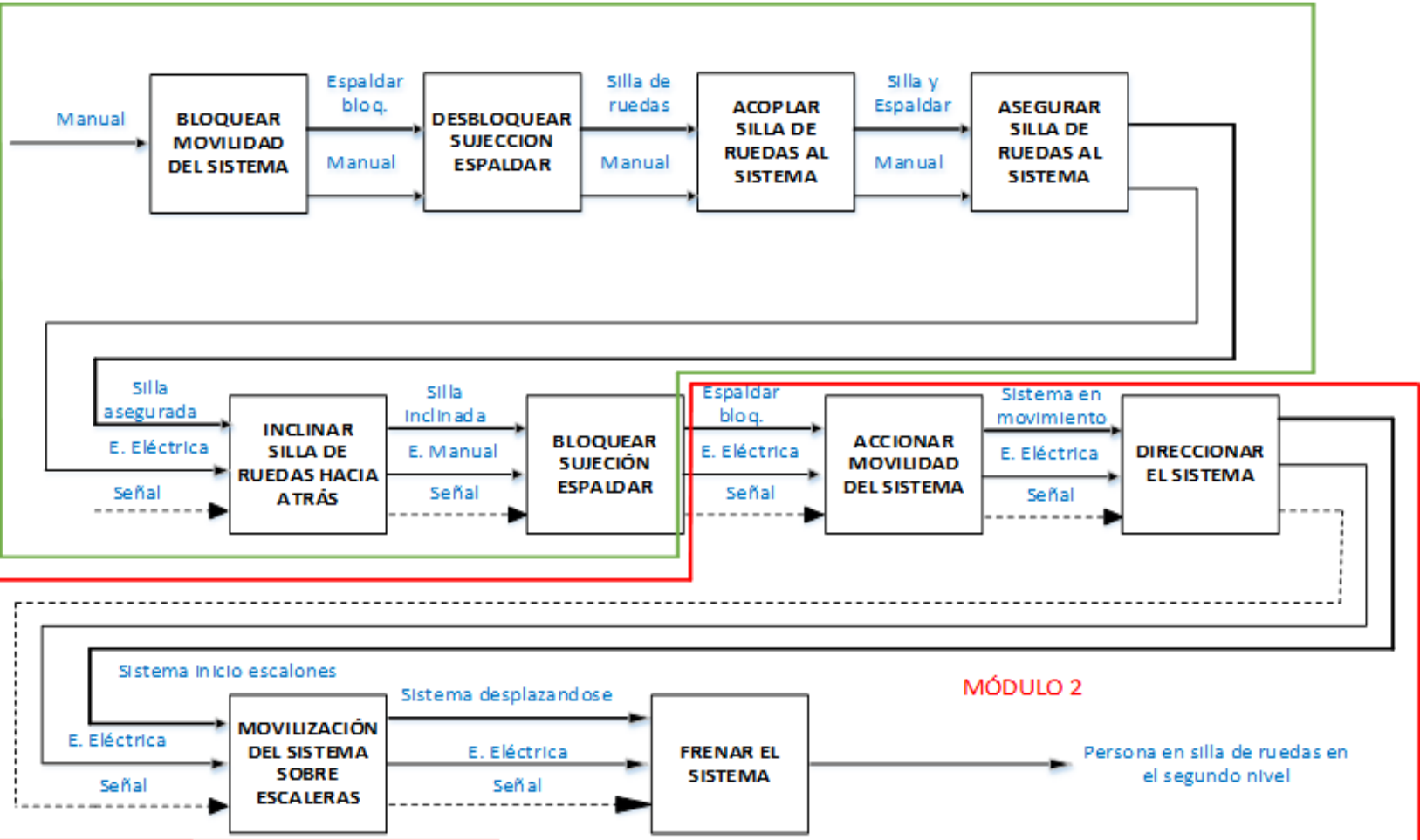
ANÁLISIS FUNCIONAL





NIVEL 2

MÓDULO 1





ALTERNATIVAS MÓDULO 1

FUNCIÓN	COMPONENTE
Bloquear la locomoción del sistema	FRENO ELECTROMAGNÉTICO
Desbloquear sujeción del espaldar	PALANCA + GANCHO PRESIONADA
Acoplar silla de ruedas al sistema de enganche.	DESLIZANTES + PASADORES
Asegurar la silla de ruedas.	GANCHO + PASADOR
Inclinar hacia atrás silla de ruedas acoplada.	BASE + EJES PARA PIVOTE
Bloquear el sistema de enganche	PALANCA + GANCHO SIN PRESIONAR
	ALTERNATIVA1 ALTERNATIVA2

ALTERNATIVAS MÓDULO 2

FUNCIÓN	COMPONENTE
Accionar la movilidad del sistema	MOTORES DC
Direccionar el sistema	CONTROL
Desplazar sobre las escaleras	ORUGAS RIELES FIJAS
Frenar el sistema	PULSADORES
	ALTERNATIVA1 ALTERNATIVA2



ANÁLISIS MORFOLÓGICO

Para la selección de la mejor alternativa, los parámetros que se han tomado en cuenta para el desarrollo de la matriz morfológica son:

- ✓ Bajo peso
- ✓ Portabilidad
- ✓ Bajo Costo
- ✓ Seguridad
- ✓ Fácil Operación

Una vez que se ha realizado la respectiva ponderación se ha obtenido como resultado la siguiente tabla :

Conclusión	Bajo peso	Portabilidad	Costo Moderado	Seguridad	Fácil operación	Σ	PRIORIDAD
Alternativa 1	0,167	0,119	0,095	0,143	0,095	0,619	1
Alternativa 2	0,083	0,060	0,048	0,143	0,048	0,381	2



CÁLCULO Y SELECCIÓN DE COMPONENTES

Diseño estático

ANALÍTICAMENTE

Determinar cargas estáticas

Seleccionar componente a analizar

Determinar propiedades del material a emplear

Ubicar las cargas

Calcular Fuerza y Momento Máximo

Calcular esfuerzos flexionante y cortante de ser el caso

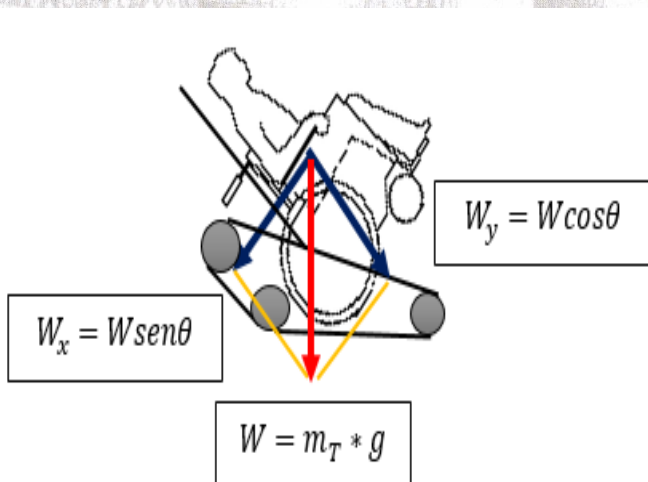
Calcular factor de seguridad



CARGAS APLICADAS SOBRE EL SISTEMA

CARGAS MUERTAS	
ELEMENTO	MASA (Kg)
Orugas	6
Silla de ruedas	10
Sistema Electrónico	4
Motores (Especificaciones técnicas)	14
Masa total	34

CARGAS VIVAS	
ELEMENTO	MASA (Kg)
Persona	130
Masa total	130



$$W = 140 \text{ Kg} * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 1372 \text{ N}$$

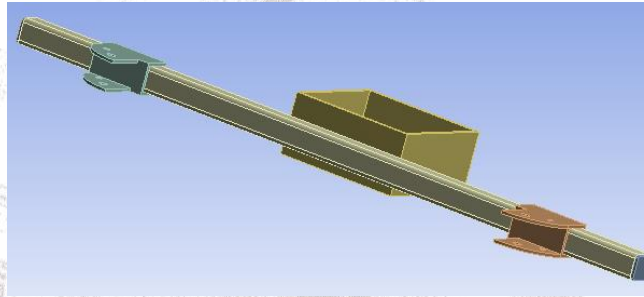
$$W_x = (140 \text{ Kg} * 9,8) * \text{sen} 45^\circ = 970,15 \text{ N}$$

$$W_y = (140 \text{ Kg} * 9,8) * \text{cos} 45^\circ = 970,15 \text{ N}$$



Componente sobre el que se va a realizar el análisis

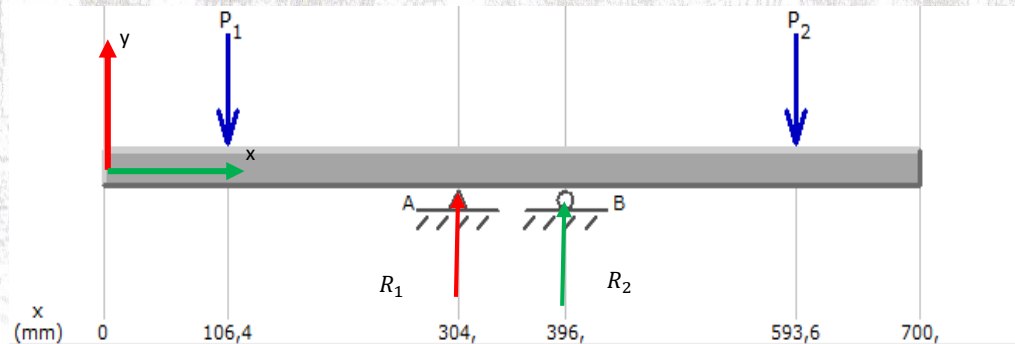
Para el análisis estático se toma el tubo en el que se engancha la silla de ruedas al sistema con orugas.



En el tubo que se encuentran colocados los ganchos de sujeción de la silla de ruedas se aplicará una carga $W_x = 970,15N$, la misma que se divide para dos a cada lado se colocará un gancho de sujeción.

Colocar cargas

$$P_1 = P_2 = 485N$$





Cálculo de Fuerzas y Momento Máximo

$$R_2 = 485N$$

$$R_1 = -485N$$

Cálculo de Momentos:

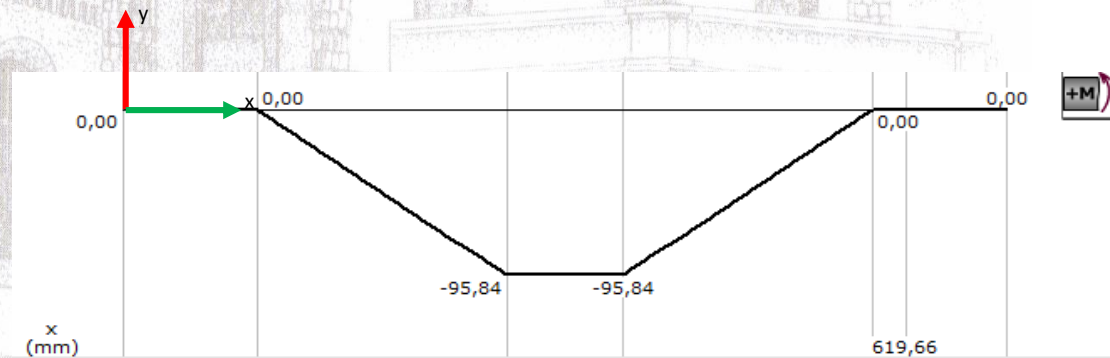
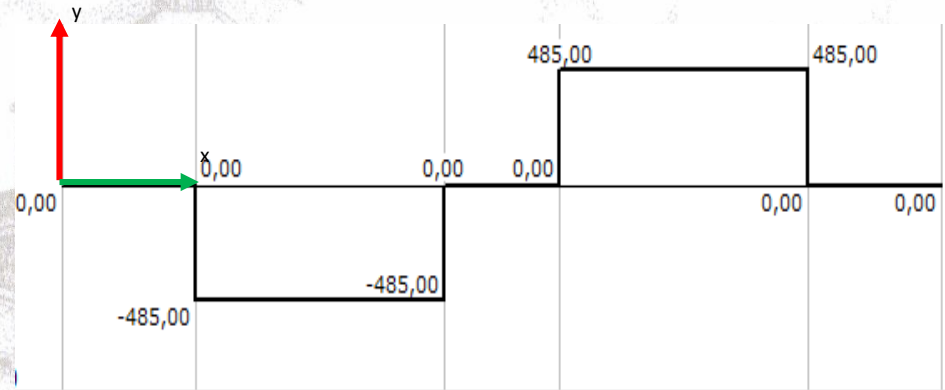
$$M_0 = 0$$

$$M_1 = 0 - 96Nm = -96Nm$$

$$M_2 = -96Nm - 0 = -96Nm$$

$$M_3 = -96Nm + 96Nm = 0$$

$$M_4 = 0$$





Material a emplear para el diseño

El material empleado para el análisis del sujetador es de tubo cuadrado estructural de 25mm y de un espesor de 1,5mm, es uno de los tubos que se han encontrado en el catalogo de productos de Dipac.

$$S = 0,97\text{cm}^3.$$

$$S_y = 315\text{Mpas}$$

$$\sigma = \frac{+M_{max}}{S}$$

$$\sigma = \frac{S_y}{N}$$

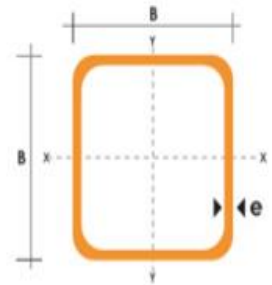
$$\sigma = \frac{96\text{Nm}}{9,7 * 10^{-7}\text{m}^3} = 98,97 * 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$n = \frac{S_y}{\sigma}$$

$$n = \frac{315\text{Mpas}}{98,97 * 10^6 \text{ N/m}^2}$$

$$n = 3,18$$

DIMENSIONES		AREA		EJES X-Xe Y-Y		
A mm	ESPESOR mm	PESO Kg/m	AREA cm2	I cm4	W cm3	i cm
20	1,2	0,72	0,90	0,53	0,53	0,77
20	1,5	0,88	1,05	0,58	0,58	0,74
20	2,0	1,15	1,34	0,69	0,69	0,72
25	1,2	0,90	1,14	1,08	0,87	0,97
25	1,5	1,12	1,35	1,21	0,97	0,95
25	2,0	1,47	1,74	1,48	1,18	0,92
30	1,2	1,09	1,38	1,91	1,28	1,18
30	1,5	1,35	1,65	2,19	1,46	1,15
30	2,0	1,78	2,14	2,71	1,81	1,13
40	1,2	1,47	1,80	4,38	2,19	1,25
40	1,5	1,82	2,25	5,48	2,74	1,56
40	2,0	2,41	2,94	6,93	3,46	1,54
40	3,0	3,54	4,44	10,20	5,10	1,52
50	1,5	2,29	2,85	11,06	4,42	1,97





DISEÑO EMPLEANDO HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES

Para realizar un análisis de elemento finitos existen diferentes tipos de mallados que se deben seleccionar según la geometría del elemento que se desea analizar. En el caso de este sistema se empleará el elemento de tipo tetraédrico ya que este tipo de elemento finito es el más empleado en el análisis de elementos finitos de estructuras que no involucran fluidos.

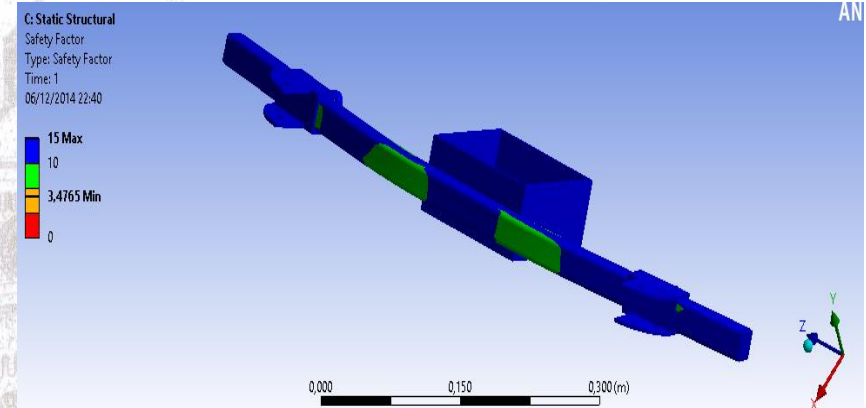
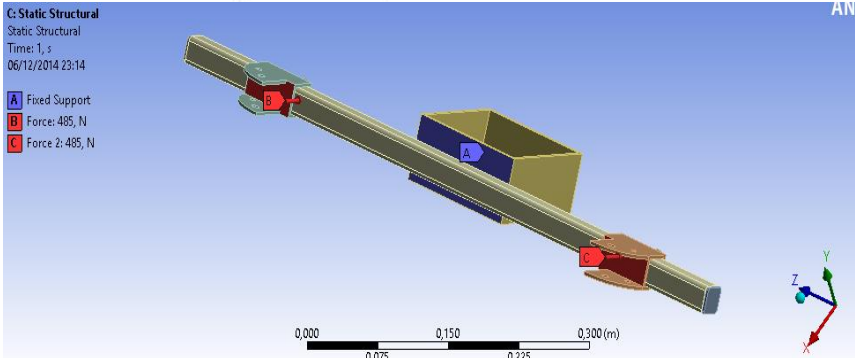
Además se debe considerar criterios de convergencia, que son empleados para asegurar que los resultados obtenidos se apeguen a la realidad, para estudiar la calidad de los elementos finitos, que permiten determinar si el análisis tiende a una correcta solución.

Para el análisis de estructuras uno de los criterios de convergencia más empleados es el criterio de razón de aspecto (aspect ratio). Que en elementos finitos es la relación entre el lado más largo y el más pequeño del elemento. El rango de valores aceptables depende del problema y del tipo de elemento, pero habitualmente se utilizan límites de 1 hasta 6 en elementos que sufren deformaciones y en los casos en los que no interviene ningún tipo de fluido.



FUERZAS Y SOPORTE

FACTOR DE SEGURIDAD



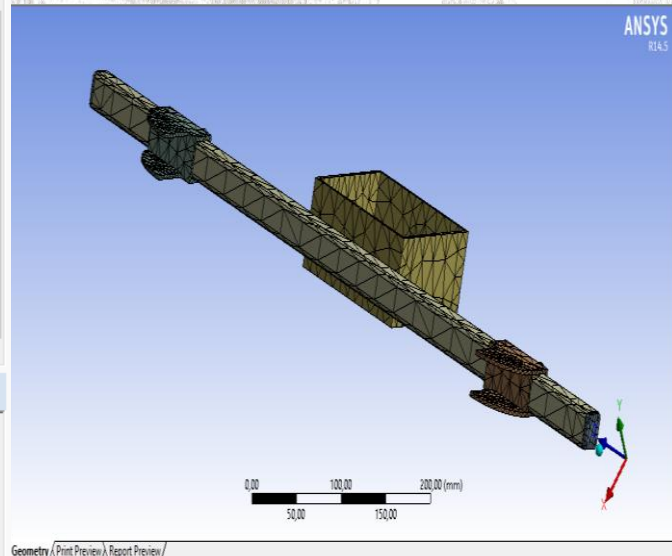
Outline

Filter: Name

- Model (C4)
 - Geometry
 - Coordinate Systems
 - Connections
 - Mesh
 - Static Structural (C5)
 - Analysis Settings
 - Fixed Support
 - Force
 - Force 2
 - Solution (C6)
 - Solution Information
 - Total Deformation
 - Equivalent Elastic Strain
 - Equivalent Stress
 - Stress Tool

Details of "Mesh"

Extra Retries For Assembly	Yes
Rigid Body Behavior	Dimensionally Reduced
Mesh Morphing	Disabled
Defeaturing	
Statistics	
<input type="checkbox"/> Nodes	15645
<input type="checkbox"/> Elements	7093
Mesh Metric	Aspect Ratio
<input type="checkbox"/> Min	1,2667
<input type="checkbox"/> Max	1028,2
<input type="checkbox"/> Average	19,8596823039258
<input type="checkbox"/> Standard Deviation	31,0268569900936



RESULTADOS DEL MALLADO POR DEFECTO



REFINAMIENTO MALLADO DE 2MM

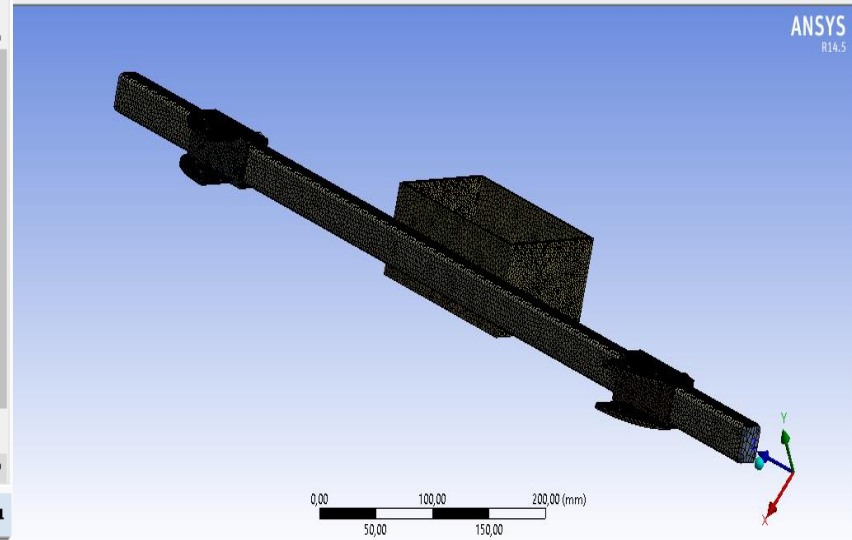
Outline

Filter: Name

- Project
 - Model (C4)
 - Geometry
 - Coordinate Systems
 - Connections
 - Mesh
 - Static Structural (C5)
 - Analysis Settings
 - Fixed Support
 - Force
 - Force 2
 - Solution (C6)
 - Solution Information
 - Total Deformation
 - Equivalent Elastic Strain
 - Equivalent Stress
 - Stress Tool

Details of "Mesh"

Extra Retries For Assembly	Yes
Rigid Body Behavior	Dimensionally Reduced
Mesh Morphing	Disabled
Defeaturing	
Statistics	
<input type="checkbox"/> Nodes	261839
<input type="checkbox"/> Elements	143380
Mesh Metric Aspect Ratio	
<input type="checkbox"/> Min	1,169
<input type="checkbox"/> Max	202,2
<input checked="" type="checkbox"/> Average	2,99292025918015
<input type="checkbox"/> Standard Deviation	7,98146627636933





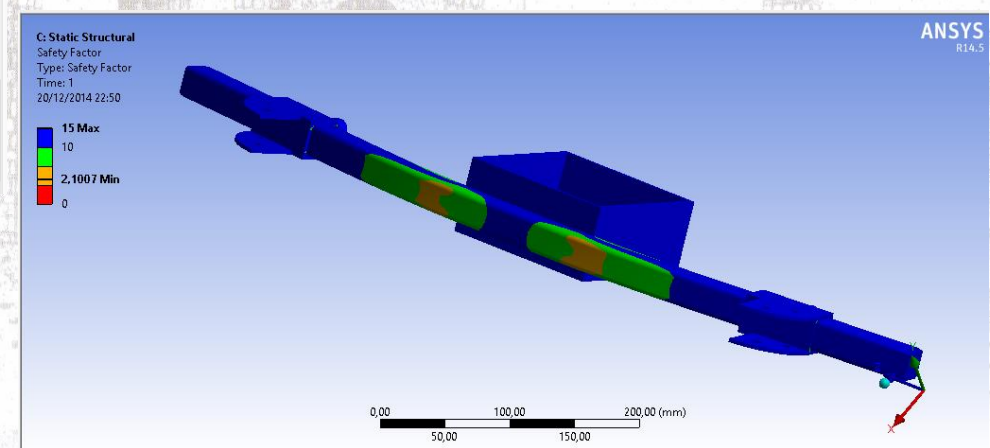
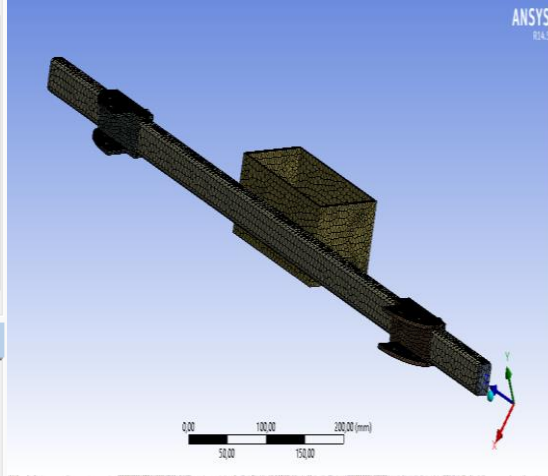
REFINAMIENTO MALLADO DE 3MM

Outline

- Coordinate Systems
- Connections
- Mesh
 - Body Sizing 2
 - Body Sizing
- Static Structural (C5)
 - Analysis Settings
 - Fixed Support
 - Force
 - Force 2
- Solution (C6)
 - Solution Information
 - Total Deformation
 - Equivalent Elastic Strain
 - Equivalent Stress
 - Stress Tool

Details of "Mesh"

Extra Retries For Assembly	Yes
Rigid Body Behavior	Dimensionally Reduced
Mesh Morphing	Disabled
Defeaturing	
Statistics	
<input type="checkbox"/> Nodes	91546
<input type="checkbox"/> Elements	46457
<input checked="" type="checkbox"/> Mesh Metric	Aspect Ratio
<input type="checkbox"/> Min	1,2045
<input type="checkbox"/> Max	202,2
<input type="checkbox"/> Average	5,3425349769629
<input type="checkbox"/> Standard Deviation	13,3009794645558



RESULTADO FACTOR DE SEGURIDAD CON MALLADO 3MM.



Como resumen de los resultados para el refinamiento de la malla se presenta la siguiente tabla:

OPCIÓN MALLADO 1		OPCIÓN MALLADO 2		OPCIÓN MALLADO 3	
DEFAULT (Aspect ratio=19,85)		2mm (Aspect ratio=2,9)		3mm (Aspect ratio=5,34)	
V.M (MPas)	Safety Factor	V.M (Mpas)	Safety factor	V.M(MPas)	Safety factor
90,93	3,46	193,81	1,63	149,95	2,1

Como resultado para el dimensionamiento del mallado se ha obtenido que la mejor opción es la 3, con una relación de aspecto de 5,34 y un factor de seguridad de 2,1 que es admisible para la aplicación del componente y garantiza su fiabilidad.



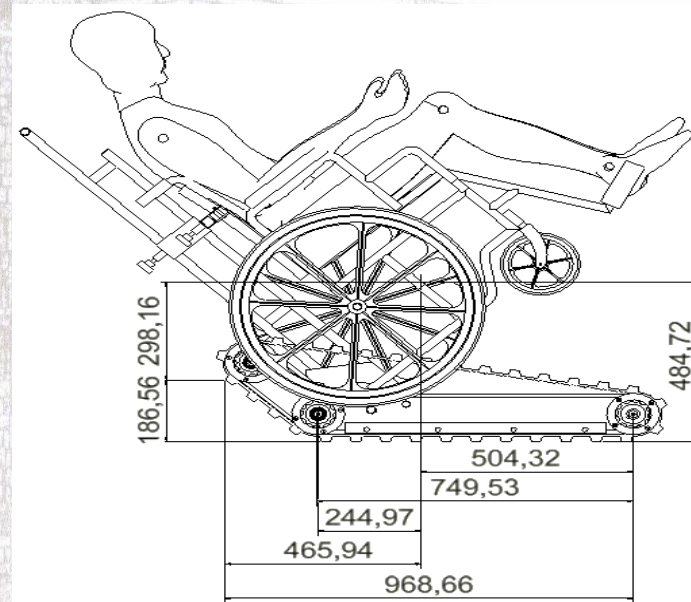
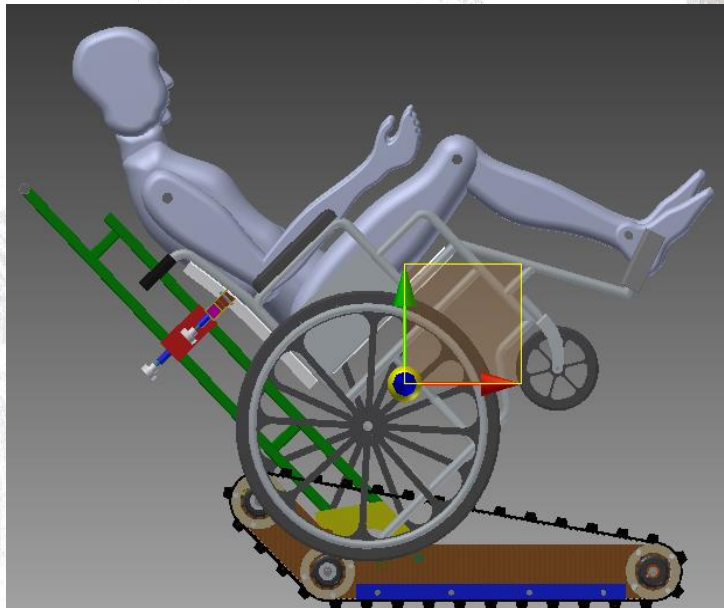
ANÁLISIS DINÁMICO DEL SISTEMA

CARGAS MUERTAS	
ELEMENTO	MASA (Kg)
Bastidor	3
Placa laterales	11
Orugas	6
Espaldar	5
Silla de ruedas	10
Transmisión	12
Sistema Electrónico	4
Motores (Especificaciones técnicas)	14
Baterias	5
Masa total	70

CARGAS VIVAS	
ELEMENTO	MASA (Kg)
Persona	130
Masa total	130



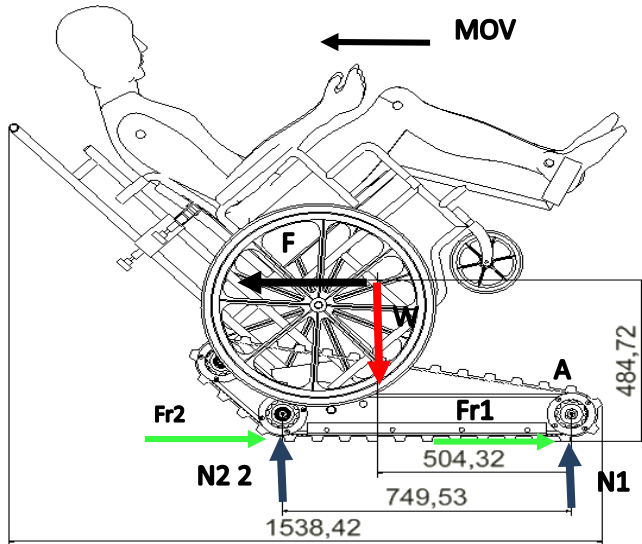
CÁLCULO DEL CENTRO DE GRAVEDAD



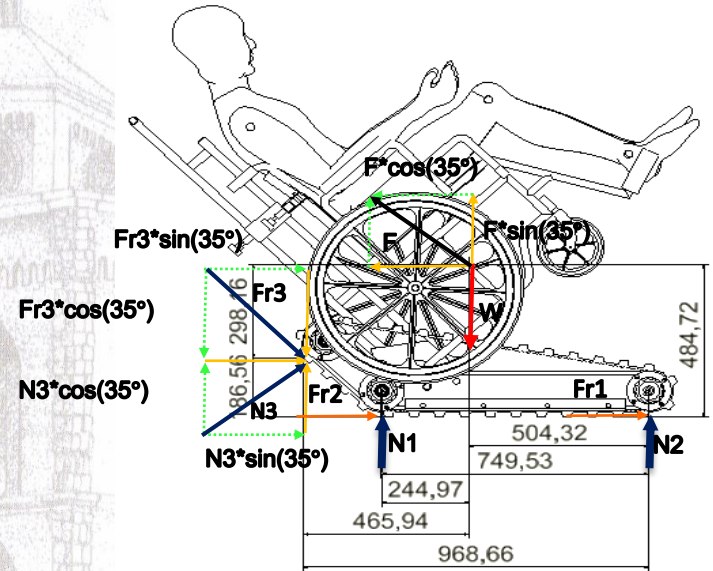


ESCENARIOS EN LOS QUE SE DESARROLLA EL DESPLAZAMIENTO DEL SISTEMA

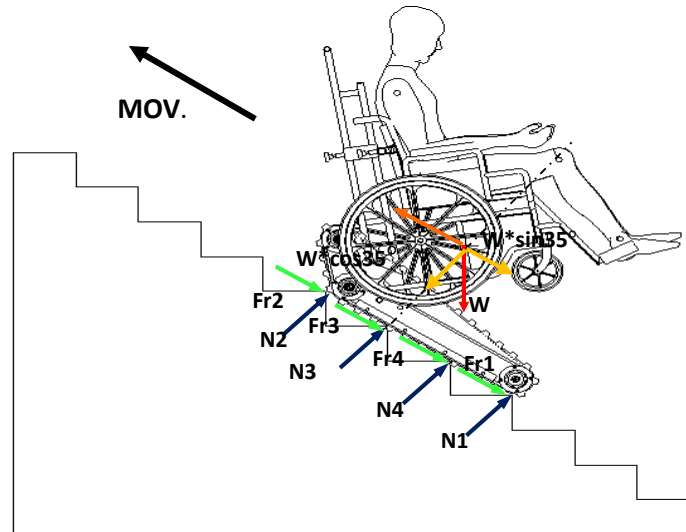
CASO1



CASO2



CASO3





$$m_{TS} = 200 \text{ kg}$$

$$w = 1960 [N]$$

μ = coeficiente de fricción dinámico

$\mu = 0,7$ (baldosa y goma o caucho)

$$V_f = 8 \frac{m}{min} = 0,13 \frac{m}{s}$$

$$t = 1s$$

$$a = \frac{V_f - V_0}{t}$$

$$a = \frac{0,13 \frac{m}{s} - 0}{1s}$$

$$a = 0,13 \frac{m}{s^2}$$

Tabla de resultados de la fuerza necesaria para movilizar el sistema

Escenario N.-	Resultado Fuerza Necesaria (N)
1	1346
2	1477,924
3	2222,5



CÁLCULO POTENCIA DE LOS MOTORES

$$a = 0,13 \frac{m}{s^2}$$

$$F = 2274,09N$$

Para calcular el trabajo

$$W = F * d$$

La distancia se encuentra con la fórmula :

$$V = \frac{e}{t};$$

Despejando $e = V * t;$

$$e = 0,13 \frac{m}{s} * 1s = 0,13m$$

$$W = 2274,09N * 0,13m = 295,63Nm$$

$$P = \frac{\omega}{t}$$

$$P = \frac{295,63Nm}{1s} = 295,63 \text{ watts.}$$



CÁLCULO PARA EL ACOPLE EJE DEL MOTOR

$$T = 60 \text{ N} * m$$

$$r_{\text{ext polea}} = 0,124 \text{ m}$$

$$M = (F_1 - F_2) * r$$

$$\frac{60 \text{ N} * m}{0,124 \text{ m}} = (F_1 - F_2)$$

$$\frac{F_1}{F_2} = e^{\mu \theta}$$

$$\mu = 0,22 \quad \theta = 160^\circ * \frac{\pi \text{ rad}}{180^\circ} =$$

$$2,79 \text{ rad}$$

$$F_1 = 1052,515 \text{ N}$$

$$F_2 = 569,85 \text{ N}$$

$$F_R = \sqrt{(F_1)^2 + (F_2)^2 - 2(F_1)(F_2) * \cos 160^\circ}$$

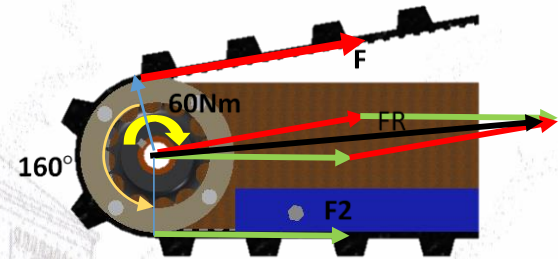


DIAGRAMA DE CUERPO LIBRE DEL EJE DEL MOTOR

$$F_R = 1599,91 \text{ N}$$

$$R_1 = F_R * l$$

$$M_1 = \frac{F_R * l^2}{2}$$

$$R_1 = 1599,9 \text{ N}$$

$$M_1 = -51,197 \text{ N} * m$$

$\mu =$ coeficiente de fricción

$\theta =$ relación de transmisión en radianes



ANÁLISIS POR FLEXIÓN

$$\sigma = \pm \frac{M}{S}$$

$$S = \frac{\pi d^3}{32}$$

$$\sigma = \frac{51,197 \text{ N} * \text{m}}{\frac{\pi d^3}{32}}$$

$$\sigma = \frac{51,197 \text{ N} * \text{m}}{\frac{\pi (0,032\text{m})^3}{32}}$$

$$\sigma = 15,9146 \text{ MPa}$$

σ = esfuerzo normal flector máximo [MPas]

M = momento flector máximo [Nm]

S = módulo de resistencia de la sección circular maciza

τ = esfuerzo normal torsor máximo [MPas]

J = momento polar de inercia [m^4]

ANÁLISIS POR TORSIÓN

$$\tau = \frac{T * r}{J}$$

$$\tau = 60 \text{ N} * \text{m}$$

$$r = 0,016 \text{ m}$$

$$J = \pi \frac{d^4}{32}$$

$$\tau = \frac{60 \text{ N} * \text{m} * 0,016}{\pi \frac{(0,032)^4}{32}}$$

$$\tau = 9,32548 \text{ MPa}$$

$$\tau_{max} = \sqrt{\tau^2 + \left(\frac{\sigma}{2}\right)^2}$$

$$n = \frac{S_y * 0,5}{\tau_{max}} = \frac{220 * 0,5 \text{ Mpa}}{12,25 \text{ Mpa}} = 8,97$$



DISEÑO A FATIGA DEL EJE

$$ka = a * sut^b$$

$$ka = 0,9217$$

$$kb = \left(\frac{d}{7,62}\right)^{-0,107} \quad d = \text{diámetro del eje } 32 \text{ mm}$$

$$kb = 0,85766$$

$$kc = 1$$

$$kd = 1$$

$$ke = 1$$

$$kf = 1$$

$$se = ka * kb * kc * kd * ke * \frac{1}{kf} * se'$$

$$se = 0,9217 * 0,8576 * 1 * 1 * 1 * \frac{1}{1} * se'$$

$$se = 0,9217 * 0,8576 * 200 \text{MPa}$$

$$se = 158,089 \text{MPa}$$

se = límite de resistencia a la fatiga del elemento mecánico [MPas]

se' = límite de la muestra de una viga rotatoria [MPas]

ka = factor de superficie

kb = factor del tamaño flexión y torsión

kc = factor de carga

kd = factor de temperatura

ke = factor de confiabilidad

kf = factor de efectos diversos

Línea modificada de Goodman

$$\frac{\sigma_a}{se} + \frac{\sigma_m}{sut} = \frac{1}{n}$$

$$\sigma_m = \frac{\sigma_{max} + \sigma_{min}}{2}$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}$$

$$\sigma_m = \frac{15,91 \text{MPa} + 0}{2} = 7,95 \text{MPa}$$

$$\sigma_a = \frac{15,91 \text{MPa} - 0}{2} = 7,95 \text{MPa}$$

$$\frac{7,95}{se 158,08} + \frac{7,95}{sut} = \frac{1}{n}$$

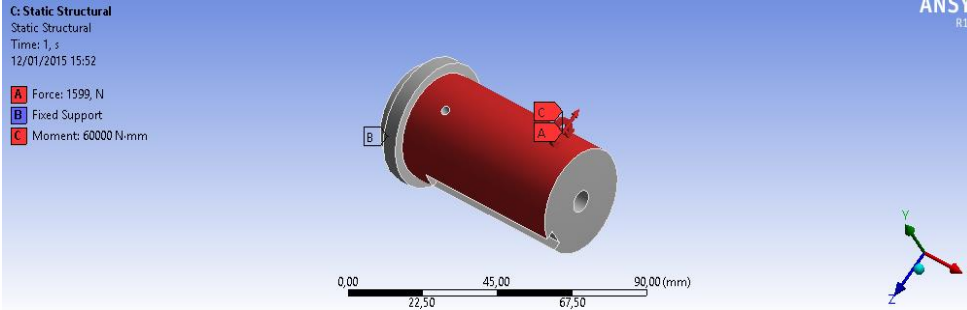
$$0,0503 + 0,0198 = \frac{1}{n}$$

$$n = \frac{1}{0,0701}$$

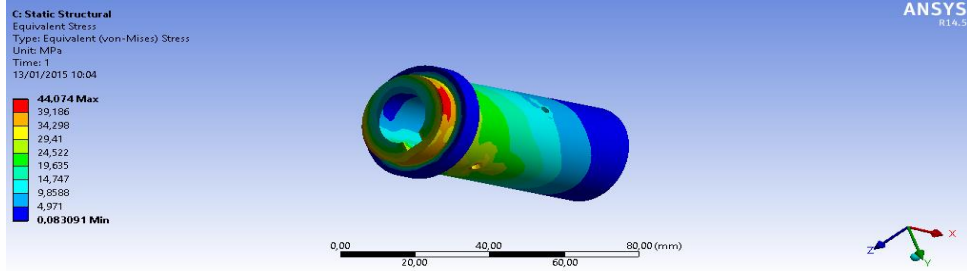
$$n = 14,26$$



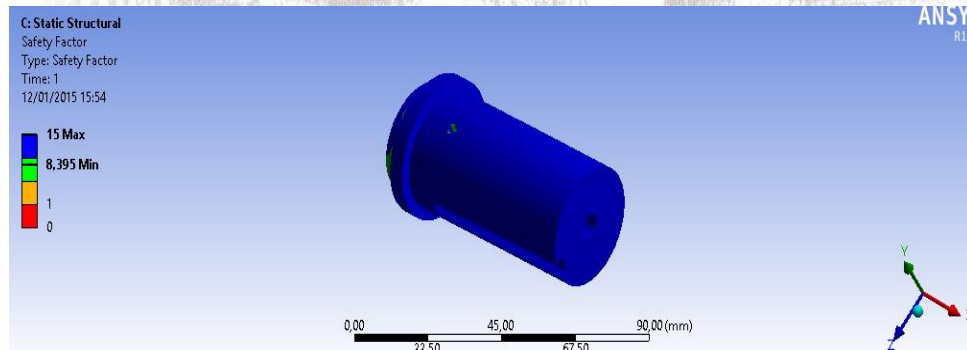
ANÁLISIS ESTÁTICO ESTRUCTURAL DEL EJE



Ubicación de apoyo y cargas aplicadas en el eje



Esfuerzo en el eje



Factor de Seguridad estático

Análisis estático del eje

Resultado de forma analítica

8,97

Resultado Elementos finitos

8,39



ANÁLISIS TRANSIENT DEL EJE

Es el análisis de transitorios de estructuras o componentes sometidos a diferente tipo de esfuerzos. Ayuda a determinar el comportamiento dinámico del eje para el motor, al aplicarle las cargas que lo afectan.

Outline

- Coordinate Systems
- Mesh
- Transient (G5)
 - Initial Conditions
 - Analysis Settings

Details of "Analysis Settings"

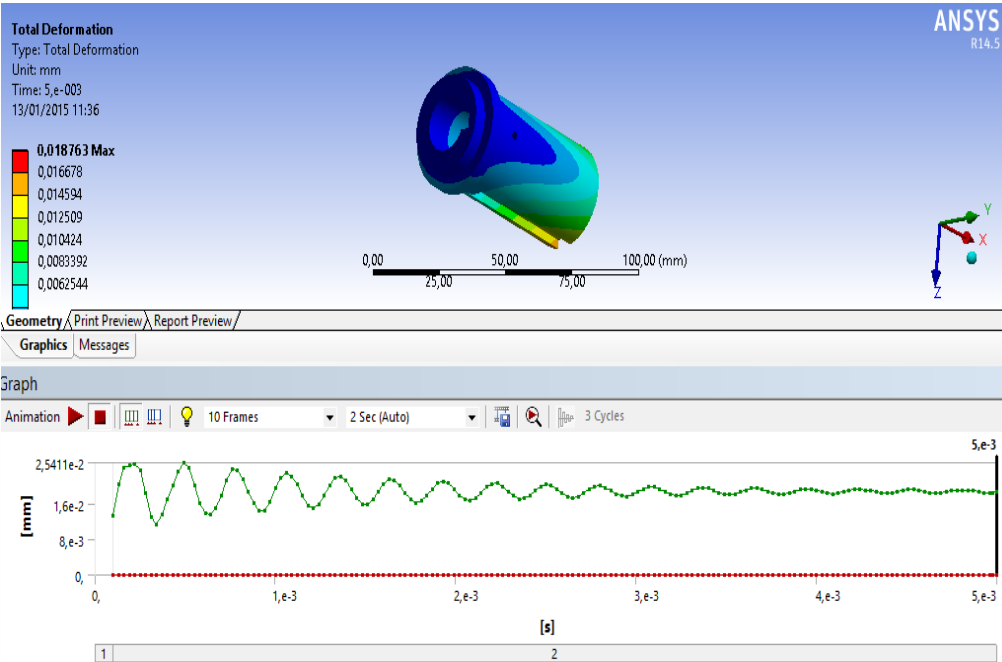
Step Controls	
Number Of Steps	2,
Current Step Number	1,
Step End Time	1,e-004 s
Auto Time Stepping	On
Define By	Time
Initial Time Step	3,e-005 s
Minimum Time Step	3,e-005 s
Maximum Time Step	3,e-005 s
Time Integration	On
Solver Controls	
Solver Type	Program Controlled

Configuración paso 1

Details of "Analysis Settings"

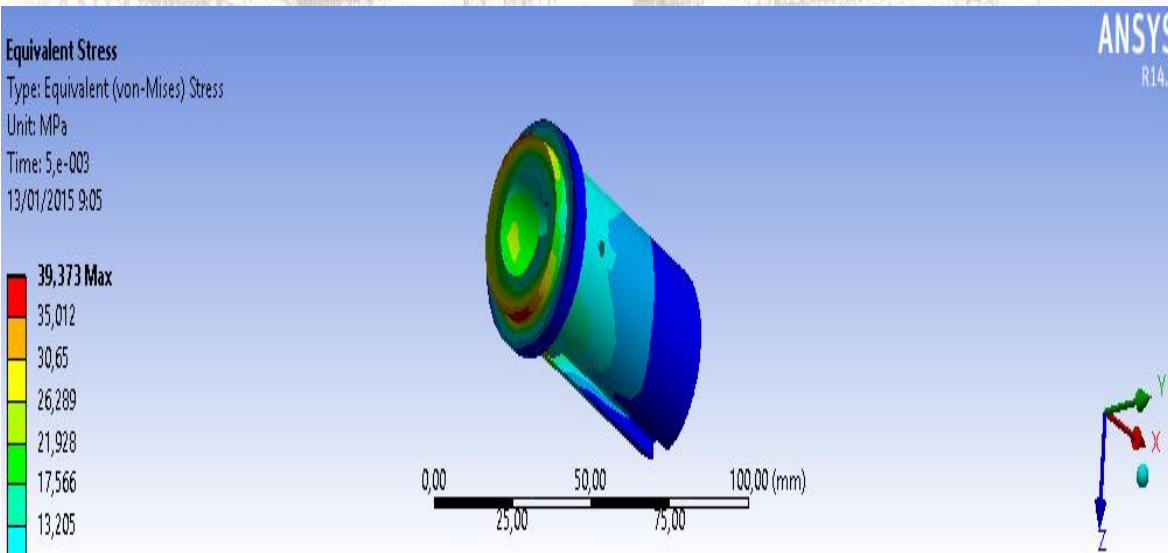
Step Controls	
Number Of Steps	2,
Current Step Number	2,
Step End Time	5,e-003 s
Auto Time Stepping	On
Define By	Time
Carry Over Time Step	Off
Initial Time Step	3,e-005 s
Minimum Time Step	3,e-005 s
Maximum Time Step	3,e-005 s
Time Integration	On
Solver Controls	

Configuración paso 2



Deformación total del eje

El valor máximo de deformación es de 0,018763 en un tiempo de $1,9e^{-4}$.



Esfuerzo equivalente de Von Mises



F: Transient Structural

Safety Factor

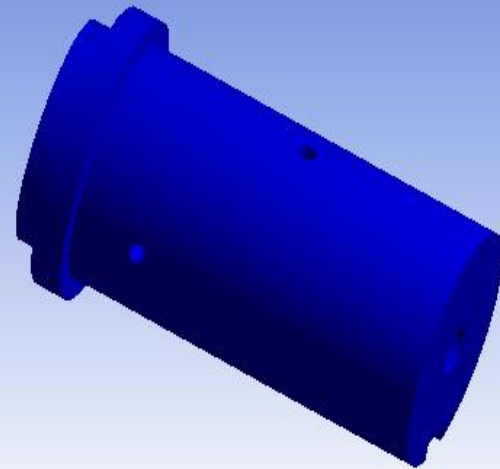
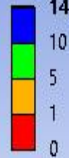
Type: Safety Factor

Time: 5,e-004

09/03/2015 19:06

15 Max

14,892 Min



ANSYS
R14.5

Factor de seguridad Análisis Transient

Análisis dinámico del eje

Resultado de forma analítica

Resultado Computacional

14,26

14,89

Al observar los dos factores de seguridad obtenidos se determina que el eje se encuentra bien diseñado para soportar cargas a fatiga.



SELECCIÓN DE LA BANDA DE TRANSMISIÓN

Bandas Tipo H

PASO H (1/2" - 12,7 mm.)			
REF.		Nº. Dientes	Desarrollo mm.
240	H	48	609,60
270	H	54	685,80
300	H	60	762,00
330	H	66	838,20
360	H	72	914,40
390	H	78	990,60
420	H	84	1.066,80
450	H	90	1.143,00
480	H	96	1.219,20
490	H	98	1.244,60
510	H	102	1.295,40
540	H	108	1.371,60
560	H	112	1.422,40
570	H	114	1.447,80
600	H	120	1.524,00
630	H	126	1.600,20
660	H	132	1.676,40
700	H	140	1.778,00
750	H	150	1.905,00
800	H	160	2.032,00
850	H	170	2.159,00
900	H	180	2.286,00
1000	H	200	2.540,00
1100	H	220	2.794,00
1250	H	250	3.175,00
1400	H	280	3.556,00
1700	H	340	4.318,00



CÁLCULO PARA LA SOLDADURA

Se emplea el cálculo del esfuerzo máximo aplicado en uno de los puntos críticos.

$$\tau = \frac{P}{0,707 * h * l}$$

Se conoce que la fuerza aplicada sobre el espaldar es de 970,15 N según el cálculo realizado.

$l = 0,003\text{m}$ y $h = 0,003\text{ m}$ de alto

$$\tau = \frac{970,15\text{N}}{0,707 * 0,003 * 0,003} = 152,46\text{MPas}$$

Para determinar el factor de seguridad de la soldadura se tiene la siguiente ecuación:

$$n = \frac{S_y}{\tau}$$

Donde:

S_y : Corresponde al límite de fluencia del material de aporte [MPas]

En este caso al aplicarse la suelda MIG para acero al carbono el $S_y = 450\text{MPas}$

$$n = \frac{450\text{Mpas}}{152,46\text{Mpas}} = 2,95$$

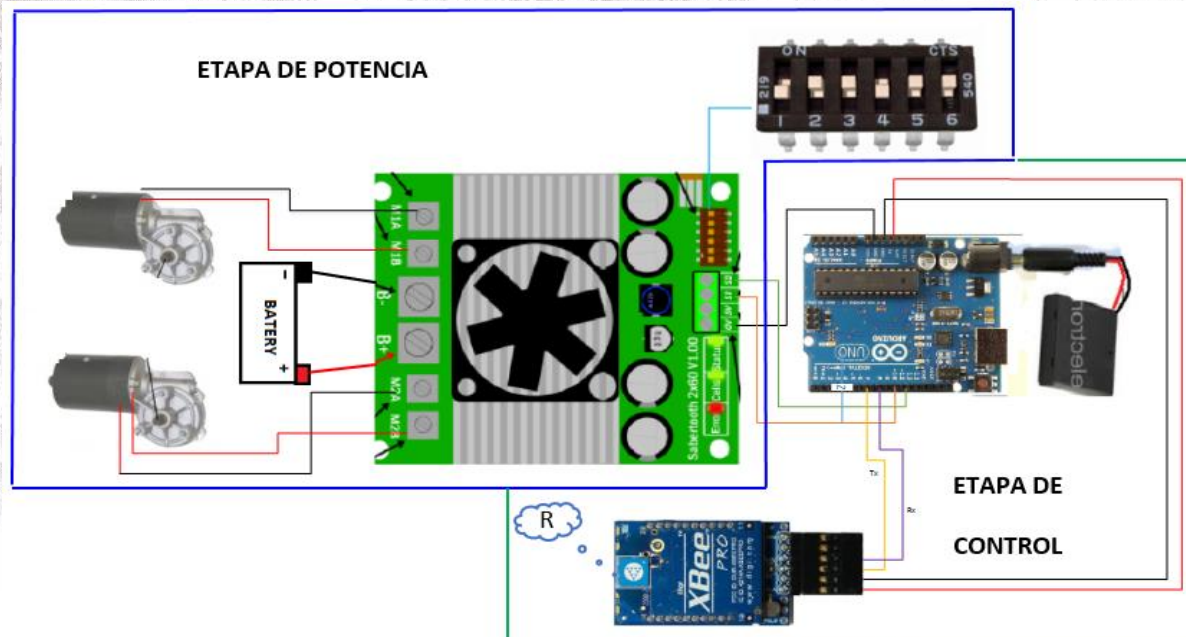
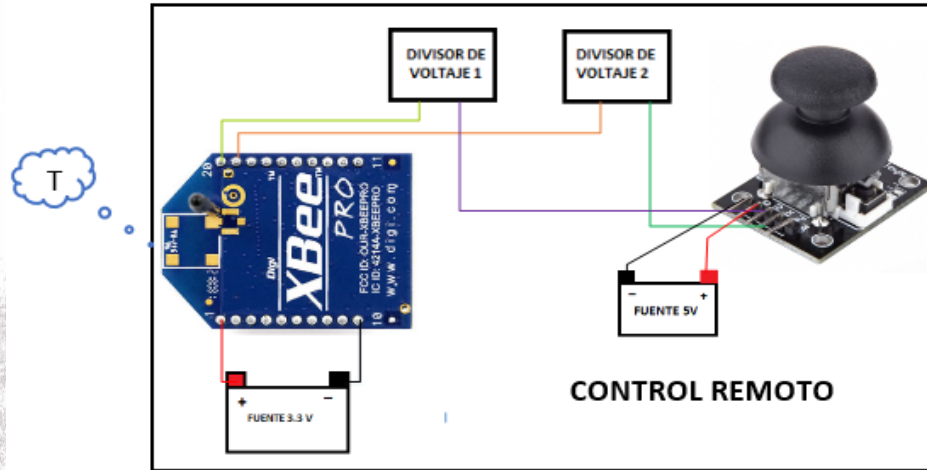


Diseño sistema de control

- ✓ Es importante que la máquina pueda controlarse de manera inalámbrica, para evitar que el cableado sea un impedimento para desmontaje y posterior transporte.
- ✓ Emplear energía de alta duración y fácil mantenimiento.
- ✓ Cuidar que el control de la máquina sea ligero, fácil de operar, sin dejar de lado la seguridad que debe garantizar.
- ✓ Mientras menos compleja sea la implementación del sistema de control, mucho más accesible será su costo.
- ✓ En caso de existir algún problema electrónico el sistema debe bloquearse hasta que el daño sea corregido.

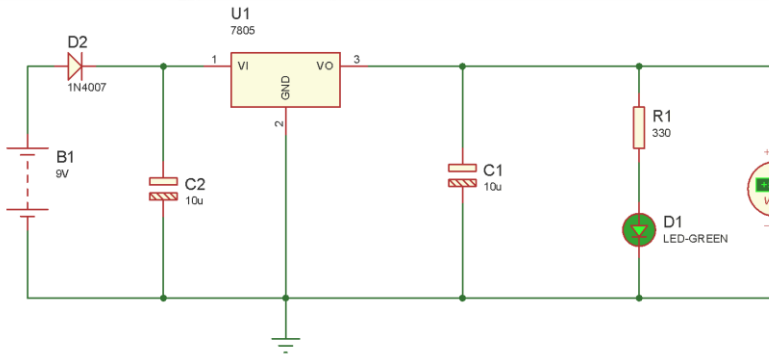


Desarrollo del sistema de control

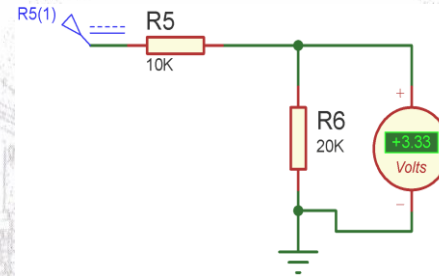




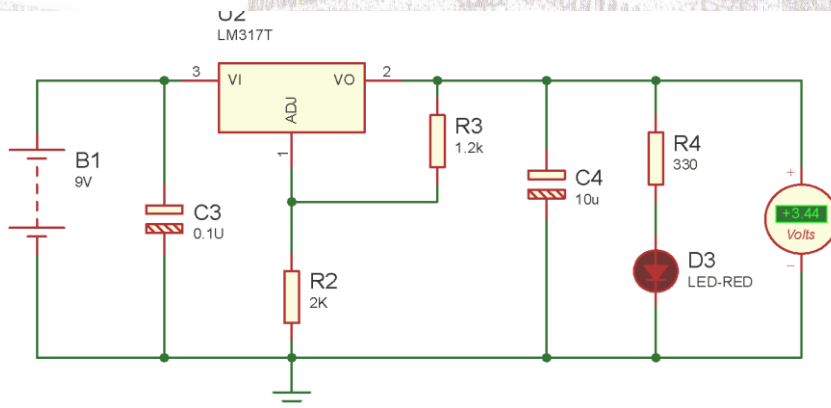
Control remoto



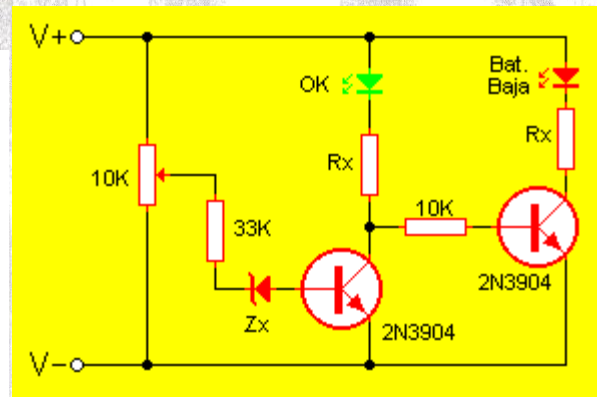
Fuente de Voltaje Vin, 9V, Vout 5V



Divisor de Voltaje Vin, 9V, Vout 3,3V



Fuente de Voltaje Vin 9V , Vout 3,3V



Zx=5.3V

Rx=470Ω

Medidor de bateria



Configuración del Xbee Pro S1

Parámetros configuración Transmisor

PARAMETRO	VALOR
PAN ID	100
DL	2
MY	1
D2	2
D1	2
D0	2
IT	5
IR	14

Pan id: Identificación de la red de área personal, este valor puede ser cualquier número que va entre 0 y 65535 y debe tomar el mismo número, para los Xbee que desean comunicarse.

DL: Dirección de destino baja, se coloca el número único de serie del módulo Xbee al cual va a transmitir.

MY: Es la dirección de 16 bits (de nuevo entre 0 y 0xFFFF), los Xbee a utilizarse deben tener la misma dirección de origen del otro.

D2, D1, D0: Configuración de salida de señales PWM. |

IT: Muestras que recogerá el Xbee antes de transmitir al coordinador.

IR: Frecuencia de muestreo, el Xbee se puede configurar para que envíe automáticamente los datos de entrada/salida digital o señales analógicas.



Configuración Transmisor en X-CTU

The image displays three screenshots of the X-CTU software interface, showing the configuration of an XBEE PRO 802.15.4 module. The interface is divided into several sections: Modem, Parameter, Profile, Remote Configuration, and Versions. The main configuration area is organized into a tree view with various parameters and their values.

Top-Left Screenshot: Networking & Security

- Modem: XBEE
- Function Set: XBEE PRO 802.15.4
- Version: 10ED
- Parameters:
 - (C) CH - Channel
 - (100) ID - PAN ID
 - (0) DH - Destination Address High
 - (2) DL - Destination Address Low
 - (1) MY - 16-bit Source Address
 - (13A200) SH - Serial Number High
 - (40BB6963) SL - Serial Number Low
 - (0) MM - MAC Mode
 - (0) RR - XBee Retries
 - (0) RN - Random Delay Slots
 - (19) NT - Node Discover Time
 - (0) NO - Node Discover Options
 - (0) CE - Coordinator Enable
 - (1FFE) SC - Scan Channels
 - (4) SD - Scan Duration
 - (0) A1 - End Device Association
 - (0) A2 - Coordinator Association
 - (0) AI - Association Indication
 - (0) EE - AES Encryption Enable

Top-Right Screenshot: RF Interfacing

- Modem: XBEE
- Function Set: XBEE PRO 802.15.4
- Version: 10ED
- Parameters:
 - (0) EE - AES Encryption Enable
 - KY - AES Encryption Key
 - () NI - Node Identifier
 - RF Interfacing
 - (4) PL - Power Level
 - (2C) CA - CCA Threshold
 - Sleep Modes (NonBeacon)
 - (0) SM - Sleep Mode
 - (1388) ST - Time before Sleep
 - (0) SP - Cyclic Sleep Period
 - (3E8) DP - Disassociated Cyclic Sleep Period
 - (0) SO - Sleep Options
 - Serial Interfacing
 - (3) BD - Interface Data Rate
 - (0) NB - Parity
 - (3) RO - Packetization Timeout
 - (0) AP - API Enable
 - I/O Settings
 - (0) D8 - D18 Configuration
 - (1) D7 - D107 Configuration

Bottom Screenshot: I/O Settings

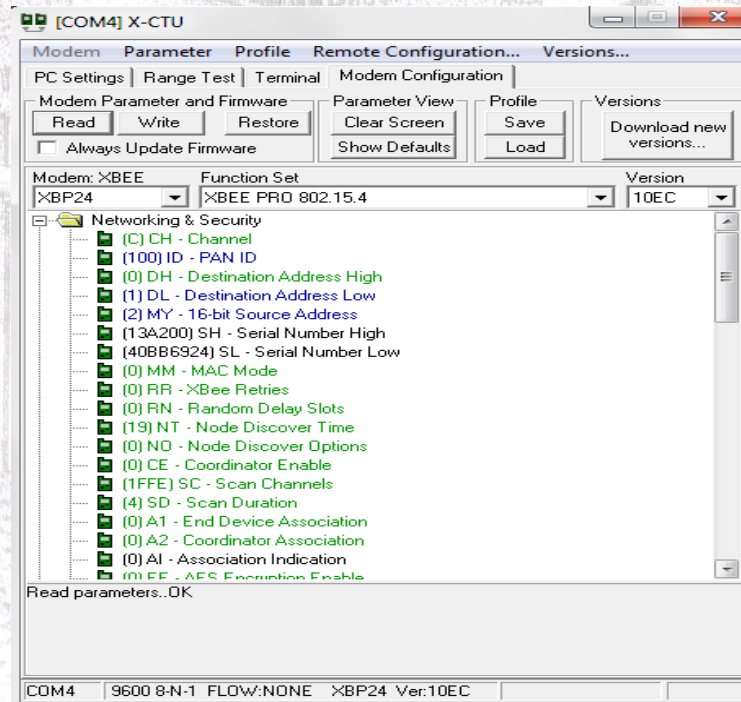
- Modem: XBEE
- Function Set: XBEE PRO 802.15.4
- Version: 10ED
- Parameters:
 - (0) NB - Parity
 - (3) RO - Packetization Timeout
 - (0) AP - API Enable
 - I/O Settings
 - (0) D8 - D18 Configuration
 - (1) D7 - D107 Configuration
 - (0) D6 - D106 Configuration
 - (1) D5 - D105 Configuration
 - (0) D4 - D104 Configuration
 - (0) D3 - D103 Configuration
 - (2) D2 - D102 Configuration
 - (2) D1 - D101 Configuration
 - (2) D0 - D100 Configuration
 - (FF) PR - Pull-up Resistor Enable
 - (1) IU - I/O Output Enable
 - (5) IT - Samples before TX
 - (0) IC - DIO Change Detect
 - (14) IR - Sample Rate
 - (1) P0 - PWM0 Configuration
 - (0) D1 - PWM1 Configuration



Configuración XBee Pro S1 como Receptor

PARAMETRO	VALOR
PAN ID	100
DL	1
MY	2

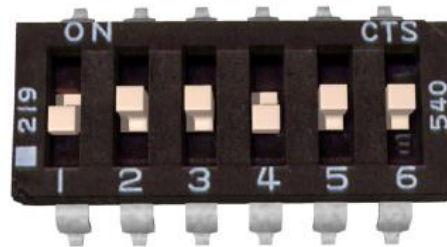
Parámetros configuración XBee Receptor





Etapa de potencia

En la etapa de potencia se encuentra la tarjeta controladora de los motores Sabertooth 2x60, esta tarjeta recibe la señal de la Arduino y según los valores de las señales activas o desactiva los motores, permite controlar el sentido de giro y la velocidad de los actuadores. La sabertooth se debe configurar según la aplicación a realizar y el tipo de señal que se tenga. El DIP es el elemento que permite la configuración y para este caso se configurará así:



Configuración DIP

Cuando el switch 4 esta abajo la Saber se encuentra en modo Independiente. En este modo la señal que ingrese en S1 controlará directamente el motor 1 y la señal que ingrese en S2 controlará el motor 2. Con el switch 1 abajo y el 2 arriba se configura el tipo de recepción de datos que en este caso es de control remoto.



PROTOCOLO DE PRUEBAS

Verificación dimensiones principales

Dimensiones principales				
Dimensiones[mm]				Aceptación
	Esp. Técnicas	Sistema	S I	NO
LARGO	1400	1537,66	X	
ALTO	1000	941,37	X	
ANCHO	600	706	X	

Verificación componentes principales

COMPONENTES PRINCIPALES			
ELEMENTOS	FUNCIONAMIENTO		
	BUENO	REGULAR	MALO
Transmisión de potencia	X		
Anclaje y sujeción de la silla	X		
Frenado del sistema	X		

Verificación Funcionamiento Módulo1

OPERACIONES MÓDULO 1								
TIEMPO	BLOQUEO Y DESBLOQUEO LOCOMOCIÓN		DESBLOQUEO Y BLOQUEO ESPALDAR		ACOPLE SILLA DE RUEDAS		SUJECIÓN SILLA DE RUEDAS	
	F	NF	F	NF	F	NF	F	NF
0-15	X		X		X		X	
15-30	X		X		X		X	



Verificación Funcionamiento Módulo2

OPERACIONES MÓDULO 2								
TIEMPO [min]	ACCIONAR MOVILIDAD		DIRECCIONAR		MOVILIZAR SOBRE GRADAS		FRENA R	
	F	NF	F	NF	F	NF	F	NF
0-15	X		X		X		X	
15-30	X		X		X		X	

En las que F= Funciona; NF=No funciona.

Verificación fuentes de alimentación para control

FUENTES ALIMENTACIÓN PARA SISTEMA DE CONTROL				
	VOLTAJE REQUERIDO (V)	VOLTAJE MEDIDO FUENTE(V)	ACEPTACIÓN	
			SI	NO
Fuente Joystick	5	5,13	X	
Fuente Xbee	3,3	3,39	X	
Fuente Sabertooth	12-24	13	X	

Verificación recepción y procesamiento de señales

SEÑALES RECEPTADAS Y PROCESADAS EN ARDUINO						
	Valores de señal obtenida		Valores de señal esperados		ACEPTACIÓN	
	Val1	Val2	Val1	Val2	SI	NO
Joystick en reposo	185	185	184-186	184-186	X	
Joystick X+	255	185	255	128	X	
Joystick X-	185	128	185	128	X	
Joystick Y+	255	185	255	185	X	
Joystick Y-	185	128	185	128	X	



ANÁLISIS DE COSTOS

Se presenta el estudio sobre los costos que incurren, para llevar a cabo la construcción del sistema, se establecen los costos para los diferentes elementos clasificados por categorías:

- ✓ Materiales para la estructura
- ✓ Material electrónico.
- ✓ Materiales normalizados
- ✓ Manufactura de componentes
- ✓ Costos de diseño

Para determinar los valores de cada uno de los ítems, se ha empleado fuentes cotización e información brindada por diferentes proveedores de material ubicados en la ciudad de Quito y Latacunga.



Costos del Material para la construcción del sistema

MATERIAL	PROVEEDOR	V/UNIT. USD	CANTIDAD	V/TOTAL USD
Tubo estructural cuadrado 25 x 600 x 2 mm	DIPAC	11,5	2	23
Tubo redondo 25 x 600 mm	DIPAC	10,5	1	10,5
placa en acero ASTM A36 1000x400x4 mm	ACEROS HGB	27,5	2	55
placa en acero ASTM A36 1000x1000x3mm	ACEROS HGB	22,75	1	22,75
Duralón Ø40x40mm	ACEROS HGB	2,75	2	5,50
Bloque de hierro fundido 400X90X30mm	ACEROS HGB	9,85	1	9,85
Bloque de hierro fundido 300X90X50mm	ACEROS HGB	12,3	1	12,3
Bloque de hierro fundido 400X15X80mm	ACEROS HGB	6,7	2	13,4
Eje AISI 1018 Ø30x1000mm	ACEROS HGB	8,25	1	8,25
Eje AISI 1018 Ø20x400mm	ACEROS HGB	7,15	1	7,15
Eje AISI 1018 Ø15X400mm	ACEROS HGB	6,9	1	6,9
Eje AISI 1018 Ø10X400mm	ACEROS HGB	6	1	6,00
Chaveta M6 x 300mm	ACEROS HGB	4,3	1	4,30
Disco duraluminio Ø135x70mm	ACEROS HGB	37,5	6	225
Nitrilo 60	SUPERCAUCHOS	8,9	20	178
Bandas sincrónica 900H	BATRA	168,9	2	337,8
Resortes Di=8mm, h=15mm, p=3	Resortes Luis	1,5	2	3
Resortes Di=10mm, h=35mm, p=3	Resortes Luis	1	3	3
			TOTAL	\$ 931,7



Costos del sistema electrónico y de control

SISTEMA ELECTRÓNICO Y MOTRIZ	PROVEEDOR	V/UNIT. USD	CANTIDAD	V/TOTAL USD
Motor DC	INVACARE	225	2	450
Batería	SECOMIN	39	2	78
Cargador de baterías	SECOMIN	75	1	75
Tarjeta controladora motores	ELECTROSONIDO	200	1	200
Joystick	APM	15	1	15
Freno Eletromagnético	RAMSAM	120	2	240
X-Bee Pro S1	APM	65	2	130
Tarjeta Arduino	ELECTROSONIDO	39	1	39
Sabertooth 2x60	APM	200	1	200
			TOTAL	\$ 1427



Costos de elementos normalizados

ELEMENTOS NORMALIZADOS	ESPECIFICACIÓN	PROVEEDOR	V/UNIT	CANTIDAD	V/TOTAL
Prisioneros		CASA DEL PERNO	1,25	4	5
Pernos	Avellanado 3/4"x1/4"	CASA DEL PERNO	0,28	48	13,44
Pernos	5/8"x1"	CASA DEL PERNO	0,3	6	1,80
Rodamientos	KOYO 6004	ACEROS HGB	9,5	4	38
Rodamientos	KOYO 6205	ACEROS HGB	12,25	4	49
				TOTAL	\$ 107,24



Costos de maquinado de piezas según horas empleadas por la maquinaria

MAQUINARIA	CANT. PIEZAS	TORNO		FRESADORA		CORTE POR HILO		SOLDADORA		OXICORTE		MOLADORA		TALADRO		PINTURA		PRENSADO POLIMEROS		Operario		TOTAL
COSTO H/MAQ. (USD)		15		15		25		12		18		7		7		12		25		5		
PIEZAS		H/M	USD	H/M	USD	H/M	USD	H/M	USD	H/M	USD	H/M	USD	H/M	USD	H/M	USD	H/M	USD	H/M	USD	
POLEAS DENTADAS	6	3	45	8	120	0,5	12,5													11	55	177,5
PLACAS PARA EJES	2			1	15					2	36					0,5	6			3	15	57
ESTRUCTURA ESPALDAR	1							1	12							0,5	6			1,5	7,5	18
ABRAZADERA DESLIZANTE ESPALDAR	1							0,5	6			0,5	3,5	0,5	3,5	0,5	6			2	10	19
BASE PARA ESPLADAR	1					1	25	1	12					0,25	1,75	0,5	6			2	10	44,75
EJES PARA POLEAS	4	3	45																	3	15	45
ACOPLE EJE POLEA	2	2	30			0,5	12,5													2	10	42,5
EJES SOPORTE ESPALDAR	2							0,5	6											0,5	2,5	6
SOPORTES PARA MOTORES	2							0,5	6					0,5	3,5	0,5	6			1,5	7,5	15,5
SUJETADOR BASE ESPALDAR	1			0,5	7,5	1	25	0,5	6	0,5	9			0,5	3,5	0,5	6			2,5	12,5	57
SUJETADOR SILLA	2	0,5	7,5					0,5	6					0,5	3,5					1,5	7,5	17
PASADORES ANCLAJE	3	1	15					0,5	6											1,5	7,5	21
Tapas poleas	12	1	15	2	30											0,5	6			3,5	17,5	51
Matriz para banda	1			2	30	32	800													2,5	12,5	830
Banda diente externo	2																	12	300	8	40	300
																					TOTAL USD	1701,25



COSTOS DE DISEÑO	
MATERIAL	COSTO USD
Implementos de oficina	25
Impresiones	40
Diseñador	800
TOTAL USD	865

COSTO TOTAL DEL PROYECTO	
RUBROS	COSTO TOTAL USD
MATERIALES	931,7
SIST. ELECTR. Y CONTROL	1427
ELEMENTOS NORMALIZADOS	107,24
MAQUINADO DE PARTES INCLUIDO MANO DE OBRA	1701,25
COSTOS DE DISEÑO	865
IMPREVISTOS	500
TOTAL USD	5532,19



CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA MECÁNICO



CONSTRUCCIÓN
ESTRUCTURA
BASE



PLACAS
LATERALES



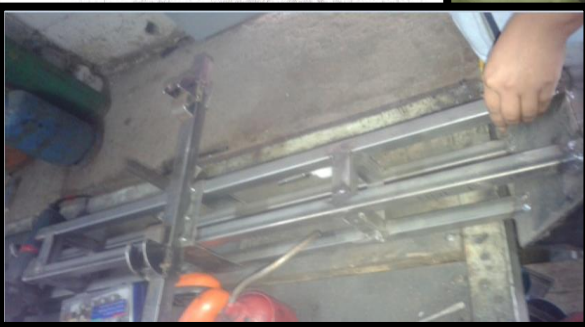
ENSAMBLE BASE
Y PLACAS



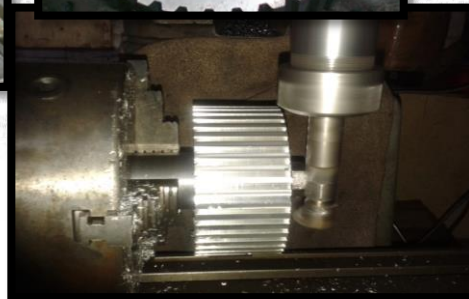
BASE DEL SISTEMA
MECÁNICO
ENSAMBLADO



CONSTRUCCIÓN
DEL ESPALDAR



CONSTRUCCIÓN
DE LAS POLEAS



CONSTRUCCIÓN
ACOPLE EJE MOTOR



ENSAMBLE DEL SISTEMA



FABRICACIÓN DE LAS ORGAS



ENSAMBLE DEL SISTEMA MECÁNICO

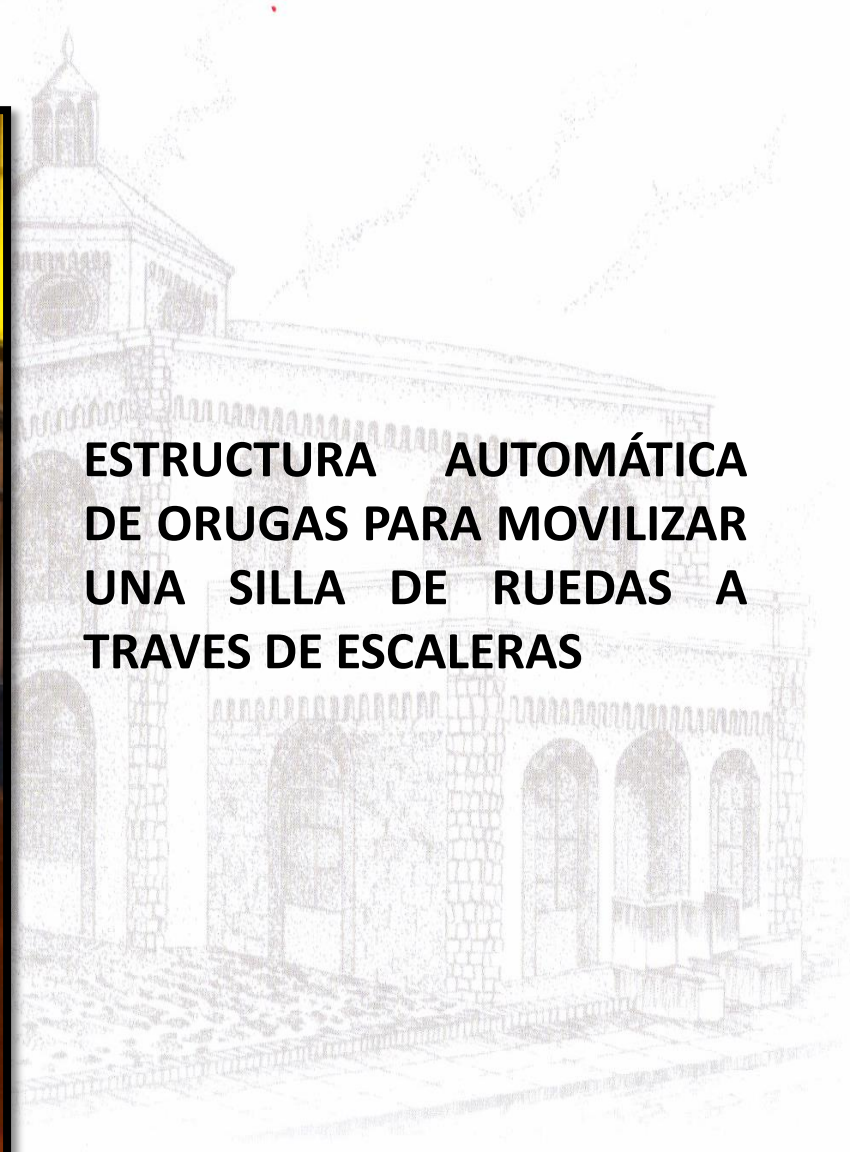


IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL



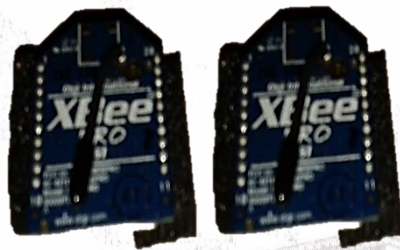


**ESTRUCTURA AUTOMÁTICA
DE ORUGAS PARA MOVILIZAR
UNA SILLA DE RUEDAS A
TRAVES DE ESCALERAS**





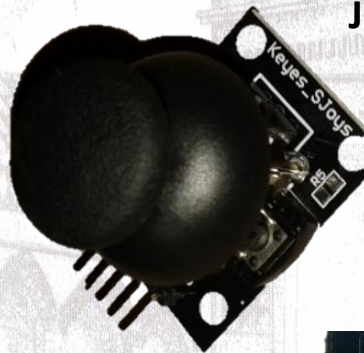
COMPONENTES ELECTRÓNICOS



X-BEE PRO S1



TARJETA EXPLORER
CONFIGURACIÓN DE X-BEE



JOYSTICK



SABERTOOTH 2X60

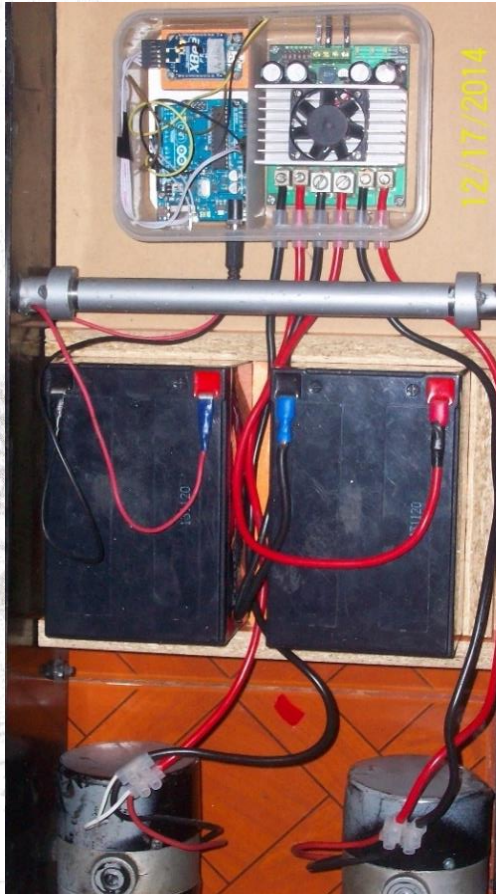
BATERIAS 12V
12Ah



ARDUINO UNO



IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL





CONTROL DEL SISTEMA





CONCLUSIONES

- ✓ Con el diseño y la construcción de la estructura automática con orugas se logró movilizar a una persona en su silla de ruedas de manera satisfactoria cumpliendo con sus necesidades.
- ✓ La capacidad de carga del sistema es de 140kg máximo, se debe considerar que la silla tiene 10 kg, la persona debe tener máximo 130kg.
- ✓ En el control del sistema inalámbrico facilita el manejo del sistema y permite que el espaldar del sistema pueda desmontarse para su transporte y almacenamiento.
- ✓ El ángulo de inclinación máximo que el sistema puede superar es de 35° , de superar esta inclinación el sistema puede perder estabilidad.
- ✓ Para determinar las características técnicas del sistema se recopiló las necesidades de personas y se presentó los resultados en la casa de la calidad para proceder a realizar un análisis de las alternativas para el diseño del sistema.
- ✓ Al realizar el cálculo de la potencia requerida por los motores para que logren movilizar el sistema se halló un valor 295,63 watts, en el sistema se emplearon motores DC(Corriente Directa) de 300watts, que funcionan de manera óptima en el sistema.



- ✓ Al determinar el factor de seguridad estático del sistema superior a 1 se puede determinar que el diseño del sistema es adecuado y soporta las cargas a las que se lo somete.
- ✓ Se realizó el estudio dinámico del sistema en tres escenarios importantes que son al movilizarse sobre una superficie plana, al iniciar el ascenso de las gradas y cuando se encuentra a la mitad de las gradas, de este modo se concluyó que la fuerza ejercida para movilizar el sistema es mayor cuando este se encuentra sobre las gradas.
- ✓ Al obtener la banda de transmisión interna se pudo realizar el prensado del dentado externo con el empleo de una matriz con las medidas que se desea en la parte externa de la banda.
- ✓ La selección de elementos electrónicos realizada fue la más adecuada, se obtuvo el funcionamiento esperado por el sistema.



RECOMENDACIONES

- ✓ Para la implementación del sistema se debe considerar las normas de seguridad y procesos de calidad de manufactura.
- ✓ Se debe realizar una inspección visual de cada una de las piezas antes de ser ensambladas para evitar problemas posteriores al ensamble.
- ✓ Se debe tomar muy en cuenta los ajustes y tolerancias especificados en los planos, al momento de la construcción para obtener los resultados esperados de cada una de las piezas.
- ✓ Se debe realizar una inspección visual de cada una de las piezas antes de ser ensambladas para evitar problemas posteriores al ensamble.
- ✓ Al ensamblar las piezas se debe verificar que el funcionamiento sea el correcto, para evitar posteriores problemas en el funcionamiento.
- ✓ Utilizar un software de diseño para simular el sistema con dimensiones reales ayuda a obtener resultados de diferentes tipos de análisis lo más cercanos a lo real.
- ✓ Al momento de realizar el diseño se debe pensar también en los impactos ambientales que las piezas del sistema pueden causar.
- ✓ Utilizar el sistema automático con arugas en gradas que no superen los 35° de inclinación, de lo contrario se puede provocar inestabilidad al sistema.
- ✓ Al momento de operar el sistema se debe tomar muy en cuenta las características y restricciones del mismo para evitar daños permanentes, que afecten la vida útil del sistema.