



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE AYUDA PARA EL
DESPLAZAMIENTO DE PERSONAS PARAPLÉJICAS**

Autores:

Darío Javier Calvopiña Ugsha

Stalin Fabián Zapata Chasiluisa

Tutor:

Ing. Mgc. Cristian Xavier Espín Beltrán

Latacunga – Ecuador

2017



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Industrial

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS; por cuanto, los postulantes: **Darío Javier Calvopiña Ugsha y Stalin Fabián Zapata Chasiluisa**, con el título de proyecto de titulación: IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE AYUDA PARA EL DESPLAZAMIENTO DE PERSONAS PARAPLÉJICAS, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Julio 2017

Para constancia firman:

Lector 1

Ing. Msc. Ángel Hidalgo
CC: 0503257404

Lector 2

Ing. Msc. Hernán Navas
CC: 0500695549

Lector 3

Msc. Raúl Montaluisa
CC: 0500866074



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Industrial

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **Darío Javier Calvopiña Ugsha** y **Stalin Fabián Zapata Chasiluisa** declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE AYUDA PARA EL DESPLAZAMIENTO DE PERSONAS PARAPLÉJICAS**, siendo **Ing. Cristian Xavier Espín Beltrán** tutor(a) del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Darío Javier Calvopiña Ugsha

C.I. 0504137290

Stalin Fabián Zapata Chasiluisa

C.I. 0503852196



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Industrial

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE AYUDA PARA EL DESPLAZAMIENTO DE PERSONAS PARAPLÉJICAS, de **Darío Javier Calvopiña Ugsha y Stalin Fabián Zapata Chasiluisa**, de la Carrera de Ingeniería Industrial, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Julio 2017

Firma

Ing. Mgc. Cristian Xavier Espín Beltrán

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por permitir cumplir este sueño que ahora se está cristalizando, permitir que cumpla con todos los anhelos de mis padres, esposa e hijo.

A mi padre Milton Pepe Calvopiña, mi madre María Esther Ugsha por guiarme por la senda del éxito, con los valores inculcados durante mi etapa de estudio, indicándome que nada es imposible si nosotros ponemos dedicación y esfuerzo veremos el éxito.

A mi esposa Verónica Jeaneth Cuyo, a mi hijo Jostyn Javier Calvopiña por apoyarme en los más duros momentos y poder darme ánimos para poder cumplir mis metas, agradeciendo por estar junto a mi después de duros momentos.

A mi tutor Xavier Espín, a mis lectores por impartirnos de sus conocimientos para que este proyecto se pueda concretar.

Darío

AGRADECIMIENTO

Primero quiero agradecer a Dios y al Divino Niño de Isinche por darme la sabiduría, salud, fuerza y la perseverancia para poder llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mi madre Erminia Chasiluisa la persona quien dio sus sacrificio la que me dio la vida siempre tomo el rol de padre y madre, mi pilar fundamental en mi formación como persona y profesional con su apoyo incondicional de siempre.

A mi tío Marcelo Vicente Chasiluisa † (27/06/2017) gracias por la confianza incondicional que siempre tuvimos de todos tus consejos de que un día me dejaste de niño, adolescente y hombre me acompañaste hasta el último día de tu vida.

Stalin

DEDICATORIA

A Dios, por la oportunidad de haberme brindado salud y vida, por estar felices junto a mi familia, darme fortaleza en las más duras caídas, por haberme permitido tener sabiduría y suficiente paciencia para afrontar los obstáculos de la vida estudiantil.

A mis padres por apoyarme en las buenas y en las malas, por no bajar los brazos en las más duras calamidades, dándome un amor y apoyo incondicional, con los duros problemas que nos rodeaban supieron darme apoyo aunque lo más mínimo que me hacía necesario, apoyándome económica y moralmente durante la transición de mis estudios.

A mi esposa y a mi hijo por ser un ente de apoyo, fuerza e inspiración, siendo ellos un motivo del porque seguir cumpliendo mis metas, siendo un ejemplo a seguir del pequeño hijo que sigue mis pasos, cada éxito y esfuerzo va ser gracias a toda mi familia.

Darío

DEDICATORIA

A Dios y al Divino Niño de Isinche por permitirme estar vivo y gozar de cada una de las metas propuestas junto con mis seres queridos.

A mi madre Erminia Chasiluisa la persona que nunca bajo los hombros para poderme dar los medios necesarios sin ningún interés y alcanzar mis metas, preocupándose en mis fracasos y los triunfos que alcance en mi vida.

A mi tío Marcelo Vicente Chasiluisa † (27/06/2017) la persona que siempre me apoyó en las situaciones más adversas de mi vida el que ocupó el espacio de un padre para mí con sus consejos y su apoyo incondicional.

A mis hermanas Nataly, Gissel las personas que me demostraron su apoyo en las buenas y en las malas que sin importar los problemas teníamos que cumplir nuestras metas.

A mis amigos y compañeros de la universidad Ronnie, David, Dario, Fabián, Fabricio, y a todos los que no están aquí pero que me ayudaron a que esta meta se haga realidad, y por pasar juntos toda la vida universitaria compartiendo buenos y malos momentos, jamás los olvidare.

Stalin

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	iii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	iv
AGRADECIMIENTO	v
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN	xv
ABSTRACT	xvi
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xvii
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. DESCRIPCIÓN	2
3. JUSTIFICACIÓN	2
4. BENEFICIARIOS	3
5. PROBLEMA	4
5.1 Situación problemática.....	4
5.2 Planteamiento del problema.....	4
5.3 Objeto de estudio y campo de acción	4
5.4 Tipo de propuesta.....	4
6. OBJETIVOS.....	5
6.1 General.....	5
6.2 Específicos	5
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	6
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	9
8.1 Paraplejía.....	9
8.2 Lesión medular (LM).....	9
8.3 Discapacidad motora.....	10

8.4	Lesiones de la médula espinal.....	10
8.5	Ergonomía.....	10
8.6	Antropometría.....	10
8.7	Selección para la ergonomía de mandos.....	11
8.8	Tipos de bipedestadores.....	12
8.8.1	Bipedestador tipo grúa.....	13
8.8.2	Bipedestador eléctrico infantil.....	13
8.8.3	Grúa de transferencia de personas con discapacidad motriz.....	14
8.9	Reglamentación técnica para dimensionamiento del prototipo.....	14
8.10	Definición de materiales.....	14
8.10.1	Baterías.....	14
8.10.2	Motores DC.....	15
8.10.3	Actuador eléctrico lineal.....	15
8.10.4	Dispositivo comercial balance scooter.....	15
8.11	Metodología de cálculos.....	15
8.11.1	Método de Nodos Estructurales.....	15
8.11.2	Método de Cargas en Bastidores.....	16
8.12	Principales variables de cálculo.....	16
8.12.1	Peso.....	16
8.12.2	Esfuerzo normal.....	17
8.12.3	Torque del motor.....	17
8.12.4	Velocidad media.....	17
8.12.5	Velocidad final.....	18
8.12.6	Aceleración.....	18
8.12.7	Resistencia eléctrica.....	19
8.12.8	Fuerza requerida del motor.....	19
8.12.9	Trabajo.....	20

8.12.10	Potencia eléctrica	20
8.12.11	Potencia Mecánica	21
8.12.12	Conversión de potencia eléctrica a potencia mecánica.....	21
8.12.13	Eficiencia del motor DC	22
9.	HIPÓTESIS	22
10.	METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL	22
11.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	23
11.1	Cálculo de la eficiencia de las baterías del dispositivo manual	23
11.2	Cálculos del dispositivo automatizado.....	25
11.2.1	Cálculo de la fuerza y masa del actuador	26
11.2.1.1	Cálculo según el método de nodos estructurales.....	26
11.2.1.2	Cálculo según el método en bastidores	29
11.3	Torque del motor.....	30
11.4	Análisis del sistema ergonómico	34
11.5	Diseño de planos y construcción del dispositivo	38
11.5.1	Diseño de planos.....	38
11.5.1.1	Bastidor del dispositivo de ayuda.....	38
11.5.1.2	Recubrimiento parte exterior de la estructura	39
11.5.1.3	Mecanismo de elevación y sujeción.....	40
11.5.2	Construcción del dispositivo	41
11.5.2.1	Ensamble e integración de los componentes del dispositivo.	41
11.5.2.2	Ensamble de los elementos mecánicos y eléctricos	43
11.6	Comparación diseño manual y automatizado.	44
11.6.1	Acople de las partes ergonómicas y sistema de mandos.	44
11.6.2	Eficiencia del motor.....	45
11.6.3	Sistema de elevación	46
11.6.4	Estabilidad del prototipo.....	46

11.6.5	Discusión del dispositivo manual y automatizado	47
12.	IMPACTOS	47
13.	PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO.....	48
14.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	50
14.1	CONCLUSIONES	50
14.2	RECOMENDACIONES.....	50
15.	BIBLIOGRAFÍA.....	51
16.	ANEXOS.....	52

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 1. Medidas antropométricas más empleadas	11
Figura 2. Tipo de Controles	12
Figura 3. Bipedestador tipo grúa	13
Figura 4. Vistas del bipedestador eléctrico infantil	13
Figura 5. Grúa de transferencia de personas.....	14
Figura 6. Diagrama de cuerpo libre	26
Figura 7. Cargas en el mecanismo móvil <i>BCD</i>	27
Figura 8. Sumatoria de Fuerzas en el actuador eléctrico	28
Figura 9. Diagrama de inclinación del actuador	29
Figura 10. Diagrama de Fuerzas	31
Figura 11. Soporte del bastidor.....	38
Figura 12. Bastidor del dispositivo.....	39
Figura 13. Recubrimiento	39
Figura 14. Recubrimiento frontal	40
Figura 15. Mecanismo parte fija.....	40
Figura 16. Mecanismo de elevación parte móvil.....	41
Figura 17. Estructura de la base.....	42
Figura 18. Mecanismo de elevación	42
Figura 19. Acople del mecanismo de las rodillas	43
Figura 20. Sistema de conexión del switch	44

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Actividades y sistema de tareas	6
Tabla 2. Diseño Experimental	22
Tabla 3. Especificaciones técnicas de los motores (Costo – Beneficio)	32
Tabla 4. Actuador eléctrico	33
Tabla 5. Datos antropométricos utilizados para el diseño	34
Tabla 6. Datos de las alturas de las rodillas	35
Tabla 7. Cálculo - rodilla	36
Tabla 8. Medidas longitud del pecho	36
Tabla 9. Cálculo para el ancho del pecho	36
Tabla 10. Medidas de la longitud del piso al pecho	37
Tabla 11. Cálculo de piso al pecho	37
Tabla 12. Datos del codo a la mano	37
Tabla 13. Cálculo longitud codo – palma de la mano	38
Tabla 14. Comparación dispositivo manual y automático	47
Tabla 15. Presupuesto	48

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TEMA: IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE AYUDA PARA EL DESPLAZAMIENTO DE PERSONAS PARAPLÉJICAS

Autores: Darío Javier Calvopiña Ugsha

Stalin Fabián Zapata Chasiluisa

RESUMEN

En esta investigación se realizó la implementación de un dispositivo de desplazamiento para personas parapléjicas, con la función de un equipo de bipedestación orientado a mejorar el funcionamiento en las extremidades inferiores por diferentes casos, ya sean de nacimiento o por accidentes, tomando en cuenta que se basó en un diseño anterior, en el cual el levantamiento de las personas era manual, a diferencia del prototipo planteado que en su mayoría es automático. Este equipo ayuda a las personas con discapacidad física, con base a la necesidad de desplazamiento aplicando tecnología, confort y seguridad para mejorar su estilo de vida, fortaleciendo músculos aquellos que pierden su movilidad, ofreciendo adecuadas condiciones para el sostenimiento bípedo y con ello facilitando la movilidad.

El actual prototipo tiene el funcionamiento eléctrico que ayudará a mejorar el rendimiento mecánico los motores. En el documento se detalla los procesos de construcción que se utilizó en el diseño ergonómico, para que las partes del dispositivo se acoplen con facilidad a las personas, sin causar lesiones, malestar e inconformidad al momento de su uso parcial o permanente.

Luego de evaluar el dispositivo de ayuda para el desplazamiento de personas parapléjicas, se tiene como resultado un tiempo de autonomía de 7 horas 30 minutos de funcionamiento en comparación al dispositivo manual que era de 30 minutos. Además se mejoró el sistema de elevación para la postura bípeda de las personas, tomando en cuenta la seguridad y confianza al momento de manipular el prototipo.

Palabras clave: bipedestación, ergonómico, funcionamiento eléctrico, paraplejía, bípedo.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

THEME: “IMPLEMENTATION OF AN AID DEVICE FOR THE PARAPLEGIC PEOPLE DISPLACEMENT”

Authors: Darío Javier Calvopiña Ugsha

Stalin Fabián Zapata Chasiluisa

ABSTRACT

A displacement device for paraplegic people implementation was carried out in this research, with standing equipment function aimed at improving in the lower extremities function by different cases, whether of birth or an accident. Taking into account on the previous design, having as function the lifting of the people was manually, unlike the prototype raised that is mostly automated. This equipment helps people with physical disabilities; by the displacement and the anthropometric measures need this prototype was built, applying technology, comfort and safety to improve their lifestyle, which lose their mobility, offering adequate conditions for bipedal support and thus facilitating mobility. The document details the current prototype has the electrical operation that helps to improve the mechanical performance of the engines, details the construction processes that was used in the ergonomic design, so that the parts of the device easily coupled to the person without causing injuries, discomfort and nonconformity at the time of its partial or permanent use. After evaluating the aid device for the people movement for applications has the result time autonomy of the 7 hours 30 minutes efficiency operation in the energy use compared to the other handheld device that of the 30 minutes, in addition to improving the lifting system for the prototype manipulation position.

Keywords: standing, ergonomic, electrical, paraplegia, biped.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por los estudiante egresados de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas: **CALVOPIÑA UGSHA DARÍO JAVIER Y ZAPATA CHASILUISA STALIN FABIÁN**, cuyo título es **“IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE AYUDA PARA EL DESPLAZAMIENTO DE PERSONAS PARAPLÉJICAS”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, Julio 2017

Atentamente,

Licda. Rebeca Yugla Lema

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS

C.C. 050265234-0



1. INFORMACIÓN GENERAL

Título:

IMPLEMENTACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE AYUDA PARA EL DESPLAZAMIENTO DE PERSONAS PARAPLÉJICAS

Fecha de inicio:

Octubre - 2016

Fecha de finalización:

Julio - 2017

Lugar de ejecución:

Sierra, Cotopaxi, Latacunga, La Matriz

FACULTAD que auspicia

Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia:

Ingeniería Industrial

Equipo de Trabajo:

Ing. Mgc. Cristian Xavier Espín Beltrán

Coordinadores de la propuesta tecnológica:

Calvopiña Ugsha Darío Javier

Zapata Chasiluisa Stalin Fabián

Área de conocimiento Códigos de la UNESCO (UNESCO, 2013 -2017)

Mejorar la calidad de vida de la población

Líneas de investigación de la UTC (UTC, 2015)

Gestión de la calidad y seguridad laboral

Sub líneas de investigación de la Carrera: (UTC, 2015)

Seguridad industrial, salud ocupación y medio ambiente laboral

2. DESCRIPCIÓN

El objetivo del proyecto de investigación consiste en automatizar un prototipo manual, conocido como dispositivo de desplazamiento de ayuda para personas parapléjicas, aplicando el uso integral de elementos eléctricos y mecánicos, en un plan de transporte para el área de personas con discapacidades físicas.

Dentro del proyecto, incluye el uso de motores eléctricos, un actuador lineal de bajo consumo energético y el desarrollo de posiciones ergonómicas en un estado bípedo.

Se analizó los materiales para la construcción en la parte mecánica haciendo referencia a su peso estructural y de las personas que lo van a utilizar. Se procedió con el montaje de los componentes mecánicos y eléctricos que forman parte del prototipo.

El proyecto además permitirá:

- Facilitar el desarrollo de movilidad en las personas con discapacidades físicas y ayudará a un mejor desempeño en su entorno.
- Ayudar a las personas a tener mayor confianza y seguridad al momento del uso del prototipo.
- Beneficiar a las personas al estar en una posición bípeda el cual le permitirá mejorar su estado anímico y físico de sus extremidades inferiores.
- Proporcionar confort a las partes del cuerpo las cuales se encuentran atrofiadas por escasa movilidad de sus piernas.

El proyecto de implementación del sistema automatizado, se inició en abril del 2017 y se finalizó en el mes de julio del 2017. Está financiado por los autores, el cual requieren de un capital de 1312,08 dólares.

3. JUSTIFICACIÓN

Ecuador tiene 16.5 millones de habitantes de los cuales es el 2.43% (401.538) son personas discapacitadas, y Cotopaxi posee 2.50% (10.051), las cuales el 48% (4824) tienen discapacidad física, y en Latacunga existe 38.90% (1877) que sufren parapléjica, y es necesaria la implementación de un dispositivo de ayuda para el desplazamiento de personas (Consejo Nacional para la igualdad de discapacidades, 2015).

A pesar de que actualmente existen opciones de dispositivos de ayuda, algunos de ellos no están pensados para personas con discapacidad; la motivación que llevó a desarrollar es la falta de integración de personas con discapacidad motriz en el ámbito social.

El dispositivo de ayuda está orientado en aquella población donde se concentra específicamente en personas con daño espinal en vértebras bajas, es decir, usuarios que tienen fuerza suficiente en sus miembros superiores. La propuesta final de este proyecto es la implementación de un dispositivo de ayuda de desplazamiento de personas parapléjicas.

Mantener una misma postura por tiempos prolongados conduce complicaciones agregadas a las de la propia discapacidad motriz, por lo cual mantener una postura de pie por algún periodo de tiempo durante el día es recomendable. Sin embargo, esta sola tarea puede implicar tener que asistir a centros especializados o bien realizar modificaciones estructurales para permitir dicha postura a una persona con retos físicos. La bipedestación, como se ha mencionado, tiene ventajas entre las que se cuentan ayudar a extender los músculos y tendones, por lo cual evita contracturas, mejora la circulación, respiración e incluso facilita la función de los procesos digestivos. Desde una perspectiva tecnológica, si bien no es nueva, no ha sido profundamente explotada a pesar de que debido a su naturaleza de procesamiento paralelo, es altamente efectiva tanto en tareas de control como de procesamiento en general.

Una de las razones de su menor difusión con respecto a los sistemas secuenciales puede ser su complejidad, provocando que existan relativamente pocas implementaciones que utilicen esta tecnología en comparación con los microcontroladores y microprocesadores.

El dispositivo es factible por el motivo que existen diseños similares pero con un costo elevado en comparación al que se creará ya que en otros países como Turquía tienen un valor de 15 mil dólares mientras que nuestro dispositivo será económico, utilizando materiales que se encuentra en el mercado (AMS Mekatronic, 2012).

4. BENEFICIARIOS

El beneficiario directo, son las personas parapléjicas que lo van a utilizar ya que ellos dependerán por sí solos.

Los beneficiarios indirectos, son los familiares ya que no tendrán que ayudar en sus actividades del desplazamiento dentro del área del domicilio o trabajo.

El presente proyecto de implementación del dispositivo de ayuda está enfocado a las personas parapléjicas del cantón Latacunga, que se encuentran con discapacidad en sus partes inferiores.

5. PROBLEMA

5.1 Situación problemática

El prototipo anterior se opera manualmente para la elevación del mecanismo móvil, para que la persona llegue a la postura erguida, esta requiere de un esfuerzo físico de parte de la persona que lo utiliza, también su bajo rendimiento del desplazamiento físico en su entorno y el desgaste acelerado de la energía eléctrica, por tal motivo se ha visto factible el mejoramiento con la automatización del dispositivo, a partir de la evaluación del rendimiento eléctrico.

Las personas con parapléjia tienen la dificultad de moverse independientemente en su entorno social y laboral, el estar sentado le causaba atrofia muscular en las partes inferiores del cuerpo por falta de movilidad.

Las consecuencias que han tenido las personas con parapléjia desde este accidente son depresión, disminución de masa muscular, infecciones urinarias y la falta de movilidad en el puesto de trabajo. En la actualidad, estas consecuencias agravan su estilo de vida de las personas parapléjicas.

La falta de automatización causa inseguridad y falta de confianza al momento de la elevación al estado bípedo, tomando en cuenta que su accionamiento es manual y esto provoca que las personas sufran agotamiento físico en sus brazos.

Al no dar solución a este problema la persona quedará limitada en sus actividades cotidianas, si no cuentan con el apoyo necesario de quienes les cuidan.

5.2 Planteamiento del problema

La falta de implementación de un sistema automático en el dispositivo manual de ayuda para el desplazamiento de las personas parapléjicas origina un bajo rendimiento energético en el prototipo, así como la poca seguridad de las personas al momento de utilizarlo.

5.3 Objeto de estudio y campo de acción

Objeto de estudio las personas parapléjicas y dispositivo de desplazamiento.

Campo de acción es el dispositivo ergonómico.

5.4 Tipo de propuesta

Tecnológica

6. OBJETIVOS

6.1 General

Implementar un dispositivo de ayuda para el desplazamiento de personas parapléjicas utilizando un sistema mecánico automático para mejorar su rendimiento de movilidad, eficiencia energética y la seguridad de las personas que lo utilizan.

6.2 Específicos

- Evaluar el estado actual del dispositivo manual de ayuda para el desplazamiento de personas parapléjicas.
- Diseñar el sistema de automatización del dispositivo de ayuda para el desplazamiento de personas parapléjicas.
- Implementar el sistema de automatización en el dispositivo de ayuda para el desplazamiento de personas parapléjicas.
- Evaluar el dispositivo de ayuda para el desplazamiento de personas parapléjicas.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 1. Actividades y sistema de tareas

Objetivos	Actividad	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
1. Evaluar el estado actual del dispositivo manual de ayuda para el desplazamiento de personas parapléjicas.	Evaluar el rendimiento energético del dispositivo.	Calcular el rendimiento energético del dispositivo.	- Medir el tiempo de consumo energético. - Medir el consumo de energía eléctrica del motor.
	Evaluar el rendimiento de las baterías.	Calcular cuál es el rendimiento máximo de las baterías.	- Medir el tiempo máximo de rendimiento de las baterías.
2. Diseñar el sistema de automatización del dispositivo de ayuda para el desplazamiento de personas parapléjicas.	Identificar las características de cada elemento a utilizar.	Identificar los elementos que se requiere para un eficaz rendimiento del equipo.	- Calcular el rendimiento requerido para la elevación de 95kg tomando en cuenta el factor de seguridad, en sus distintos ángulos y la eficiencia de los demás elementos.
	Selección de las partes fundamentales del sistema de automatización del prototipo.	Garantizar un dispositivo con las respectivas normas y estándares de seguridad para una persona parapléjica.	- Analizar las características de los materiales.

	Diseñar los planos para la estructura del dispositivo automático.	Conocer las dimensiones del dispositivo.	<ul style="list-style-type: none"> - Medir el espacio que se va a utilizar el dispositivo en su entorno. - Perfilar los instrumentos en el diseño.
3. Implementar el sistema de automatización del dispositivo de ayuda para el desplazamiento de personas parapléjicas.	Identificar proveedores y solicitar las proformas de cada uno de los elementos que conforman el sistema de automatización.	Conocer un presupuesto estimado para la compra de los accesorios	<ul style="list-style-type: none"> - Comparar proformas de materiales y costos con base a calidad y seguridad. - Solicitar proformas de los materiales a utilizar en la automatización.
	Realizar la compra de los accesorios	Selección de un proveedor con la mejor propuesta de los materiales.	<ul style="list-style-type: none"> - Analizar el costo beneficio. - Estudiar las características de los materiales en las diferentes proformas
	Acople de las partes eléctricas de los diferentes elementos que conforman el sistema de automatización.	Disminuir gastos innecesarios para la fabricación.	<ul style="list-style-type: none"> - Analizar las conexiones eléctricas y mecánicas.
	Instalar el sistema neumático en el dispositivo de desplazamiento.	Disminución del desgaste físico en la persona que lo utiliza.	<ul style="list-style-type: none"> - Medir la compresión del aire. - Analizar el tiempo de compresión.

4.Evaluar el dispositivo de ayuda para el desplazamiento de personas parapléjicas	Evaluar el rendimiento energético y de sus baterías del dispositivo automatizado.	Conocer el rendimiento energético y neumático.	<ul style="list-style-type: none"> - Medir los tiempos de consumo y de reabastecimiento energético. - Comparar los tiempos energéticos del dispositivo. - Comparar el desplazamiento del dispositivo.
	Valorar los sistemas de seguridad para las personas parapléjicas.	Brindar mayor confianza a las personas que lo utilizan.	<ul style="list-style-type: none"> - Comparar con un plan de seguridad acorde a los riesgos que influyen en el dispositivo.
	Estimar el costo total del dispositivo	Conocer la diferencia de precios entre un dispositivo importado con el dispositivo local.	<ul style="list-style-type: none"> - Conocer los costos de los materiales utilizados. - Levantar información de costos de los materiales que se utilizó.
	Comparación del dispositivo automatizado y sin automatizar.	Conocer si existe el mejoramiento en el dispositivo.	<ul style="list-style-type: none"> - Verificar las medidas de la eficiencia anterior actual mediante cálculos matemáticos.

Elaborado por: Los Autores

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1 Paraplejía

Este término se refiere al deterioro o pérdida de la función motora y/o sensorial relacionada con los segmentos de la médula espinal torácica, lumbar o sacra. Con la paraplejía, el funcionamiento del brazo se libera, pero, dependiendo del nivel de la lesión de la médula espinal, el tronco, las piernas y los órganos pélvicos pueden estar involucrados. El término se utiliza también para las lesiones de cada equina y cono medular (Mooren, 2012).

La paraplejía también puede ser causada por factores no traumáticos y congénitos tales como tumores espinales, escoliosis o espina bífida. Las áreas del canal espinal que pueden verse afectadas en la paraplejía son las regiones torácica, lumbar o sacra. Si los brazos también están afectados por la parálisis, la tetraplejía es la terminología apropiada. Monoplejía se refiere a sólo una extremidad afectada. Las lesiones de la médula espinal que resultan en paraplejía se conocen como completas o incompletas. Para una lesión completa, no existe ningún nivel de sensación o función para el paciente por debajo del punto de lesión (Binder, Hirokawa, & Windhorst, Encyclopedia of Neuroscience, 2009).

8.2 Lesión medular (LM)

La lesión medular (LM), especialmente cuando es completa, es una causa frecuente y el máximo exponente es la ausencia de carga en las partes inferiores. Así, tras la LM, se ha descrito una marcada pérdida de la densidad mineral ósea (DMO), del orden del 35% a los dos años de sufrirla, y el desarrollo de osteoporosis y fracturas en más del 50% de los pacientes de 1 a 5 años. Aunque la fisiopatología de este proceso no es bien conocida, tras la LM de 6 a 10 años, también se ha observado un marcado aumento del recambio óseo, especialmente durante el primer año de la lesión medular.

En este sentido, un estudio reciente realizado en el Hospital Clínico de Barcelona-España de evidenció que tras una LM completa menos del 10% de los pacientes había seguido tratamiento antiosteoporótico, incluso tras haber presentado fracturas por fragilidad, un hecho que también se ha observado en otros estudios. Es importante recordar que los individuos que presentan una LM completa suelen ser jóvenes, por lo que el riesgo de desarrollar fracturas a lo largo de su vida es muy alto, aumentando claramente a partir de los 3 a 5 años de la LM, lo que indica la necesidad de adoptar medidas preventivas en estos pacientes (Grife, y otros, 2014).

8.3 Discapacidad motora

Este deterioro de la función motora y/o sensorial de las extremidades inferiores, la paraplejía es más a menudo el resultado de una lesión traumática del tejido nervioso de la médula espinal que se produce alrededor del punto de la lesión.

La discapacidad motora es la falta de coordinación de los movimientos de los músculos inferiores, esta discapacidad provoca movimientos involuntarios a personas que lo padezcan, personas adultas que tuvieron golpes, caídas o un accidente donde la medula espinal no puede conectarse con los movimientos internos del cerebro, causando así, la falta de movilidad y sensibilidad en diferentes partes del cuerpo (Goldstein & Naglieri, 2011).

8.4 Lesiones de la médula espinal

Lesiones de la médula espinal son experiencias devastadoras para las personas que la padecen, debido a las secuelas causadas repentinas y permanentes en términos de movilidad, la sensibilidad e independencia (Moreno Fergusson & Amaya Rey, 2012).

8.5 Ergonomía

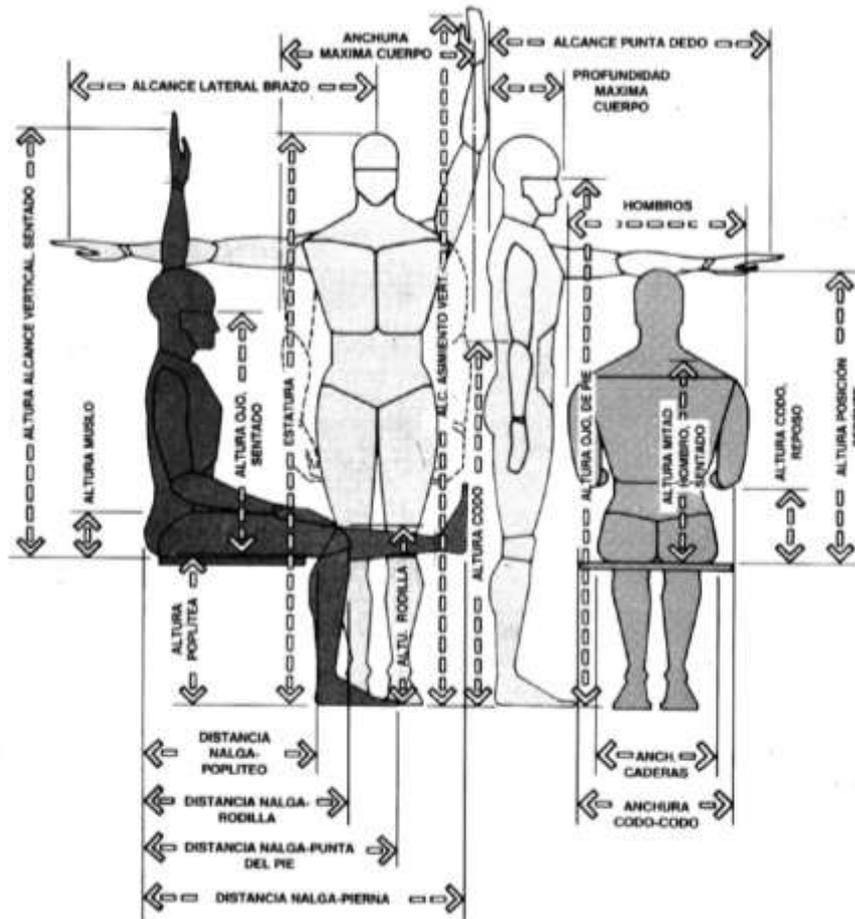
La Ergonomía es una multidisciplina preocupada de la adaptación del trabajo al hombre. Su desarrollo es reciente en nuestro medio, existiendo una gran necesidad de que los profesionales del área de la salud agreguen criterios ergonómicos en sus actividades, ya que en el mundo moderno existe un conjunto de patologías que pueden ser desencadenadas o agravadas por el trabajo. En todas las aplicaciones su objetivo es común: se trata de adaptar los productos, las tareas, las herramientas, los espacios y el entorno en general a la capacidad y necesidades de las personas (INSHT, 2010).

8.6 Antropometría

La Antropometría Estática o Estructural es una ciencia cuyo objeto es la medición de dimensiones estáticas, es decir, aquellas que se toman con el cuerpo en una posición fija y determinada.

Sin embargo, el hombre se encuentra normalmente en movimiento, de ahí que se haya desarrollado la antropometría dinámica o funcional, cuyo fin es medir las dimensiones dinámicas que son aquellas medidas realizadas a partir del movimiento asociado a ciertas actividades como se indica en la Figura 1 (Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo, 2010).

Figura 1. Medidas antropométricas más empleadas



Fuente: (Panero & Zelnik, 1996)

8.7 Selección para la ergonomía de mandos

Para una buena elección del control de mando se realizará un estudio de cuál tipo de control es necesario y no requiera demasiado esfuerzo, para que al momento de su movilidad tenga confianza que le permita conducir con facilidad en su entorno, mandos que exigen un esfuerzo muscular pequeño, accionados fácilmente con los dedos (botones, teclas, interruptores), mandos que exigen cierto esfuerzo muscular, haciendo intervenir grupos importantes de los músculos de brazos y piernas (palancas, manivelas, volantes y pedales) según la Figura 2.

Figura 2. Tipo de Controles

TIPO DE CONTROL		RAPIDEZ	PRECISION	FUERZA
	MANIVELA Pequeña Grande	Buena Pobre	Pobre No adecuada	No adecuada Buena
	VOLANTE	Pobre	Buena	Utilizable
	BOTON	No utilizable	Regular	No utilizable
	PALANCA Horizontal Vertical (Perpendicular al cuerpo) Vertical (Siguiendo al cuerpo) "Joystick"	Buena Buena Regular Bueno	Pobre Regular Regular Regular	Pobre Corta: Pobre Larga: Buena Regular Pobre
	PEDAL	Bueno	Pobre	Bueno
	PULSADOR	Bueno	No utilizable	No utilizable
	INTERRUPTOR GIRATORIO	Bueno	Bueno	No utilizable
	INTERRUPTOR DE PALANCA	Bueno	Bueno	Pobre

Fuente: (Cuixart, 1998)

Una gran limitante respecto al diseño de un dispositivo que cubra carencias de peso y tamaño, como también de precio, debe considerar puntos fundamentales como dimensiones, tanto de los potenciales usuarios como de los espacios de desenvolvimiento del dispositivo motriz.

8.8 Tipos de bipedestadores

Hay una gran variedad de bipedestadores: la posición inclinada y/o horizontal son instancias intermedias para acercar a las personas a la verticalidad, de tal manera que tanto la estructura ósea como muscular vayan asumiendo paulatinamente la posición vertical, así el cuerpo por su propio peso toma conciencia de sí mismo en el espacio. Los bipedestadores pueden ser estáticos y móviles, o los que pueden pasar de sentado a bipedestación. Las sillas de ruedas de

bipedestación son un tipo especial de dispositivos para ayudar a adoptar la posición bípeda a personas con movilidad limitada o nula, de las extremidades superiores e inferiores, como se puede observar en los diseños de bipedestadores.

8.8.1 Bipedestador tipo grúa

El diseño de un sistema tipo grúa ayuda a las personas con discapacidad para ponerse de pie, esta prototipo consiste en una grúa de elevación móvil que levanta al paciente desde su silla hasta la posición de pie con un arnés tipo onda a la altura de las axilas como se aprecia en la Figura 3 (Ronald, García, & Thalía, 2013).

Figura 3. Bipedestador tipo grúa



Fuente: (Ronald, García, & Thalía, 2013)

8.8.2 Bipedestador eléctrico infantil

El diseño tiene como funcionamiento móvil las diferentes partes que conforma el bipedestador infantil, en lo que respecta la base del acople de las rodillas, como detalla según la Figura 4 (Oñate & Beltran, 2010).

Figura 4. Vistas del bipedestador eléctrico infantil



Fuente: (Oñate & Beltran, 2010).

8.8.3 Grúa de transferencia de personas con discapacidad motriz

El asistente de una persona con deficiencia motriz tiene que mover al paciente de la cama o camilla a la silla de ruedas y viceversa como lo indica en la Figura 5; una forma de ayudar a las personas que lo atienden en su entorno, a su vez evitarle posibles lesiones ocasionadas por dicho traslado, es un dispositivo especializado para el traslado de las personas con discapacidad motriz (Pavón Solano , 2016).

Figura 5. Grúa de transferencia de personas



Fuente: (Pavón Solano , 2016)

8.9 Reglamentación técnica para dimensionamiento del prototipo.

Para la construcción de un bipedestador eléctrico móvil tienen parámetros específicos, para personas con movilidad reducida. De acuerdo con estas normas nos permitirán la realización de este prototipo con dimensiones establecidas.

- Norma INSHT - Antropometría
- Norma INSHT - Ergonomía para mandos

8.10 Definición de materiales

8.10.1 Baterías

Es la fuente de alimentación eléctrica para los elementos responsables de generar la diferencia de potencial necesario para que fluya la corriente eléctrica por un circuito y así puedan operar los dispositivos, motor, actuador. Las más empleadas y conocidas son las de plomo-ácido, níquel-hierro, níquel-cadmio, níquel-hidruro metálico, iones de litio, polímero de litio.

Existen dos tipos básicos de baterías:

- **Batería primaria:** su reacción electroquímica es irreversible, es decir, después de que la batería se ha descargado no puede volver a cargarse.
- **Batería secundaria:** su reacción electroquímica es reversible, es decir después de que la batería se ha descargado puede ser cargada inyectándole corriente continua desde una fuente externa (GRUDILEC, 2014).

8.10.2 Motores DC

El motor de corriente continua es una máquina que convierte la energía eléctrica a mecánica, mediante un sistema rotatorio. El motor de corriente continua es una de los más utilizados en la actualidad en estos tipos de sistemas. Su fácil control de posición, paro y velocidad la han convertido en una de las mejores opciones en aplicaciones de control y automatización de sistemas de ayuda para personas parapléjicas.

8.10.3 Actuador eléctrico lineal

Es un dispositivo mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover otros dispositivos mecánicos. Este dispositivo convierte el movimiento de rotación de un motor, a un movimiento lineal. La fuerza que provoca el actuador proviene de tres fuentes posibles: presión neumática, presión hidráulica, y fuerza motriz eléctrica.

8.10.4 Dispositivo comercial balance scooter

Balance scooter o scooter de balance autónomo es un vehículo de dos ruedas el cual está hecho de hierro fundido y cubierto de plástico. El usuario mantiene el equilibrio sobre el artefacto a través de giroscopios, que además permiten controlar su movimiento: inclinar los dos pies hacia adelante hace que se avance. Dos pies hacia atrás permiten retroceder e inclinar uno solo inicia un giro independiente, y su alimentación es por baterías de iones de litio” (EMOL, 2015).

8.11 Metodología de cálculos

Para la elaboración del dispositivo se realizará los cálculos con los métodos y ecuaciones que se describen a continuación:

8.11.1 Método de Nodos Estructurales

Para analizar o diseñar una armadura, es necesario determinar la fuerza en cada uno de sus elementos. Una forma de hacer esto consiste en emplear el método de nodos. Este método se basa en el hecho de que toda la armadura está en equilibrio, entonces cada uno de sus nodos

también están en equilibrio. Por lo tanto, si se traza el diagrama de cuerpo libre de cada nodo, se pueden usar las ecuaciones de equilibrio de fuerzas para obtener las fuerzas de los elementos que actúan sobre cada nodo (Hibbeler , 2010).

8.11.2 Método de Cargas en Bastidores

Los bastidores y las máquinas mecánicas son dos tipos comunes de estructuras que a menudo están compuestas por elementos de varias fuerzas conectados mediante pasadores, es decir, elementos que están sometidos a más de dos fuerzas. Los bastidores se usan para soportar cargas, mientras que las máquinas contienen partes móviles y están diseñadas para transmitir y modificar el efecto de las fuerzas. Siempre que un bastidor o una máquina no contengan más soportes o elementos que los necesarios para evitar el colapso, las fuerzas que actúan en las uniones y soportes pueden determinarse si se aplican las ecuaciones de equilibrio a cada uno de sus elementos. Una vez obtenidas las fuerzas en las uniones, es posible diseñar el tamaño de los elementos, conexiones y soportes al aplicar la teoría de la mecánica de materiales y un código de diseño de ingeniería adecuado (Hibbeler , 2010).

8.12 Principales variables de cálculo

8.12.1 Peso

Es la fuerza con que la Tierra atrae a todos los cuerpos. Está dirigida hacia el centro del planeta, el peso es la fuerza vertical dirigida hacia abajo, perpendicular a la horizontal a continuación se encuentra la Ecuación 1, que describe el peso total que va a soportar el actuador lineal (Vallejo & Zambrano, 2010).

Ecuación 1: Cálculo para el peso

$$w = (m_{persona} + m_{mecanismo\ móvil})g \quad (1)$$

Fuente: (Vallejo & Zambrano, 2010)

Donde:

$$w = \text{Peso [N]}$$

$$m = \text{Masa [kg]}$$

$$g = \text{Gravedad [m/s}^2\text{]}$$

8.12.2 Esfuerzo normal

Aquellos esfuerzos o fuerzas que soporta cada unidad de área cuya dirección es perpendicular a la sección transversal, se conocen como esfuerzos normales. Para fuerzas de compresión el esfuerzo normal será negativo y para fuerzas de tracción el esfuerzo normal será positivo.

Ecuación 2. Esfuerzo Normal

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2)$$

Fuente: (Cengel & Boles , 2012)

Donde:

$$\sigma = \text{Esfuerzo normal } [N/m^2]$$

$$F = \text{Fuerza } [N]$$

$$A = \text{Área } [m^2]$$

8.12.3 Torque del motor

Se puede definir el torque como una fuerza rotacional aplicada a un eje que causa su rotación. Desde el punto de vista técnico, el torque de una fuerza en relación a un eje es el producto de la fuerza multiplicada por la distancia del punto de aplicación de la fuerza con respecto al eje de rotación (giro).

Ecuación 3. Torque del motor

$$\tau = Fd \quad (3)$$

Fuente: (Chapman, 2000)

Donde:

$$\tau = \text{Torque del motor } [Nm]$$

$$F = \text{Fuerza } [N]$$

$$d = \text{Distancia } [m]$$

8.12.4 Velocidad media

Es una magnitud vectorial, que cuantifica la relación entre el desplazamiento y el tiempo.

Ecuación 4. Velocidad Media

$$\vec{V} = \frac{\overline{\Delta r}}{\Delta t} \quad (4)$$

Fuente: (Vallejo & Zambrano, 2010)

Donde:

\vec{V} = Velocidad [m/s]

$\overline{\Delta r}$ = Variación del desplazamiento [m]

Δt = Variación del tiempo [s]

8.12.5 Velocidad final

Es la velocidad que obtiene una partícula después de trasladarse desde un punto inicial hasta un punto final.

En este trabajo es interés considerar un MRUV, donde la velocidad final es igual a la velocidad inicial más la aceleración por el tiempo según la Ecuación 5.

Ecuación 5. Velocidad Final

$$\vec{V}_f = \vec{V}_0 + \vec{a}\Delta t \quad (5)$$

Fuente: (Vallejo & Zambrano, 2010)

Donde:

\vec{V}_f = Velocidad final [m/s]

\vec{V}_0 = Velocidad inicial [m/s]

\vec{a} = Aceleración [m/s^2]

Δt = Variación del tiempo [s]

8.12.6 Aceleración

Es la relación que se establece entre la variación de la velocidad que experimenta una partícula y el tiempo que se realizó tal variación.

Ecuación 6. Aceleración media

$$\vec{a} = \frac{\vec{v}_f - \vec{v}_o}{\Delta t} \quad (6)$$

Fuente: (Vallejo & Zambrano, 2010)

Donde:

\vec{a} = Aceleración [m/s^2]

\vec{v}_f = Velocidad final [m/s]

\vec{v}_o = Velocidad inicial [m/s]

Δt = Variación del tiempo [s]

8.12.7 Resistencia eléctrica

Es la propiedad que un elemento presenta oposición al flujo de corriente. En el contexto de la electricidad, el concepto refiere al componente de un circuito de la corriente eléctrica, el impedimento en general que ejerce el circuito sobre el paso de la corriente y a la magnitud, se mide en ohmios, según la Ley de Ohm se define como Ecuación 7.

Ecuación 7. Resistencia eléctrica

$$R = \frac{V}{I} \quad (7)$$

Fuente: (Cengel & Boles , 2012)

Donde:

R = Resistencia [Ω]

V = Voltaje [V]

I = Intensidad [A]

8.12.8 Fuerza requerida del motor

La fuerza requerida del motor es igual a la multiplicación entre la masa total (persona, dispositivo) y la aceleración del prototipo que nos proporciona nuestro motor. (Vallejo & Zambrano, 2010).

Ecuación 8. Fuerza del motor

$$\vec{F} = m\vec{a} \quad (8)$$

Fuente: (Vallejo & Zambrano, 2010).

Donde:

$$\vec{F} = \text{Fuerza [N]}$$

$$m = \text{Masa [kg]}$$

$$\vec{a} = \text{Aceleración [m/s}^2\text{]}$$

8.12.9 Trabajo

Es el producto de una fuerza aplicada sobre un cuerpo y la distancia en la dirección de esta fuerza. En el movimiento lineal es una aplicación de una fuerza a través de una distancia.

Ecuación 9. Trabajo

$$W = Fd \quad (9)$$

Fuente: (Chapman, 2000)

Donde:

$$W = \text{Trabajo [N]}$$

$$F = \text{Fuerza [N]}$$

$$d = \text{Distancia [m]}$$

8.12.10 Potencia eléctrica

Es la cantidad de trabajo realizado por una corriente eléctrica, cuando se trata de corriente continua la potencia eléctrica desarrollada en un cierto instante por un dispositivo y la intensidad de corriente que pasa a través del dispositivo.

Ecuación 10. Potencia Eléctrica

$$P_e = VI \quad (10)$$

Fuente: (Viloria, 2014)

Donde:

$P_e = \text{Potencia eléctrica [W]}$

$V = \text{Voltaje [V]}$

$I = \text{Intensidad [A]}$

8.12.11 Potencia Mecánica

Potencia mecánica es la rapidez con que se realiza un trabajo. Se mide en Joule sobre segundos [J/s] y se dice que existe una potencia mecánica de un watt cuando se realiza un trabajo de un joule por segundo.

Ecuación 11. Potencia Mecánica

$$P_m = \frac{W}{t} \quad (11)$$

Fuente: (Chapman, 2000)

Donde:

$P_m = \text{Potencia mecánica [J/s]}$

$W = \text{Trabajo [J]}$

$t = \text{Tiempo [s]}$

8.12.12 Conversión de potencia eléctrica a potencia mecánica

Ecuación 12. Conversión potencia eléctrica a potencia mecánica

$$P_e = \frac{P_m}{\eta_m} \quad (12)$$

Fuente: (Chapman, 2000)

Donde:

$P_e = \text{Potencia eléctrica [W]}$

$P_m = \text{Potencia mecánica [W]}$

$\eta_m = \text{Eficiencia del motor [pu]}$

8.12.13 Eficiencia del motor DC

La eficiencia de un motor es igual a la relación entre la potencia mecánica y la potencia eléctrica multiplicada por 100%.

Ecuación 13. Eficiencia del motor

$$\eta = \frac{P_m}{P_e} 100\% \quad (13)$$

Fuente: (Chapman, 2000)

Donde:

$P_e = \text{Potencia eléctrica [W]}$

$P_m = \text{Potencia mecánica [W]}$

9. HIPÓTESIS

La automatización de un dispositivo manual de ayuda para el desplazamiento de personas parapléjicas permitirá mejorar su rendimiento y eficiencia energética, así como la seguridad de las personas al momento de utilizarlo.

10. METODOLOGÍAS Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Para el análisis y evaluación se utilizará cálculos matemáticos investigados en la bibliografía de autores mencionados en el marco teórico, mientras que los manuales se obtendrán de parte de los proveedores de los accesorios a utilizar.

Tabla 2. Diseño Experimental

No.	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
1	Manuales de materiales	Hojas de manuales
2	Programas de diseño CAD	Diseño de planos
3	Cálculos matemáticos	Comparación de rendimientos del prototipo manual y automatizado.

Elaborado por: Los Autores

Las técnicas que se utilizarán para la elaboración del prototipo, debe tener un estudio previo para la correcta aplicación de los instrumentos necesarios.

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

11.1 Cálculo de la eficiencia de las baterías del dispositivo manual

Después de haber levantado información del prototipo manual, se tomó en cuenta que los datos tomados bajo las condiciones con carga y sin carga de la persona en el dispositivo, en una distancia de 15 m. Se realiza los cálculos pertinentes, para conocer cuál es la eficiencia energética de las baterías.

Datos de placa de las baterías:

Voltaje $V = 24V$

Intensidad $I = 6A$

Distancia $d = 15m$

Se calcula la potencia eléctrica mediante la Ecuación 10.

$$P_e = 24V * 6A$$

$$P_e = 144 W$$

Este valor de potencia eléctrica obtenido, como resultado se utilizará en los cálculos siguientes ya sea con o sin carga.

Evaluación de la eficiencia del sistema manual sin carga de la persona

Tiempo desplazamiento del prototipo manual en los 15 metros sin carga, es de 13s.

Mediante la Ecuación 4 se procede a calcular la velocidad media.

$$\vec{V} = \frac{15m}{13s}$$

$$\vec{V} = 1,15m/s$$

Ya obtenido la velocidad media se calculará la aceleración con la Ecuación 6.

$$\vec{a} = \frac{1,15m/s}{13s}$$

$$\vec{a} = 0,088m/s^2$$

La fuerza del motor sin carga que necesita se calculará con la Ecuación 8.

$$\vec{F} = 35kg * 0,088m/s^2$$

$$\vec{F} = 3,09N$$

Para conocer el trabajo que ejerce motor se calcula con la Ecuación 9.

$$W = 3,09N * 15m$$

$$W = 46,44 J$$

Para calcular la potencia mecánica se aplica la Ecuación 11.

$$P_m = \frac{46,44J}{13s}$$

$$P_m = 3,57 J/s$$

Se determina la eficiencia del sistema manual mediante la Ecuación 13.

$$\eta_m = \frac{3,57 W}{144 W} * 100\%$$

$$\eta_m = 2,48\%$$

Después del cálculo de la eficiencia, el valor obtenido es del 2,48% con el peso estructural.

Cálculo de la eficiencia del sistema manual con carga de la persona

Tiempo desplazamiento del prototipo manual en los 15 metros con carga, es de 25s

El propósito de calcular la eficiencia del sistema manual con la peso total (peso estructural + peso de la persona), es conocer cuál es el desempeño que brinda para su trabajo.

Según la Ecuación 4.

$$\vec{V} = \frac{15m}{25s}$$

$$\vec{V} = 0,6m/s$$

De la Ecuación 6.

$$\vec{a} = \frac{0,6m/s}{25s}$$

$$\vec{a} = 0,024m/s^2$$

De la Ecuación 8.

$$\vec{F} = 115kg * 0,024m/s^2$$

$$\vec{F} = 2,76N$$

De la Ecuación 9.

$$W = 2,76N * 15m$$

$$W = 41,40 J$$

De la Ecuación 11.

$$P_m = \frac{41,40J}{25s}$$

$$P_m = 1,66 J/s$$

De la Ecuación 13.

$$\eta_m = \frac{1,66 W}{144 W} * 100\%$$

$$\eta_m = 1,15\%$$

La eficiencia del prototipo manual con carga tiende a disminuir su eficiencia a diferencia del prototipo sin carga.

11.2 Cálculos del dispositivo automatizado

Para la compra de los accesorios se debe tener en cuenta cuál es el peso que se quiere levantar, el torque que necesita el motor para movilizar con una eficiencia que supere al 5%, el mismo que tiene como datos.

Masa del dispositivo: 15 Kg

Masa de la persona en condiciones estáticas: 80 Kg

Gravedad: 9,8 m/s²

Para la selección del actuador eléctrico se debe calcular mediante el método de carga en bastidores y poder conocer cuál es la fuerza requerida que levante a la persona parapléjica, siempre se debe tomar en cuenta un factor de seguridad, para que no exista un sobreesfuerzo en el actuador.

11.2.1 Cálculo de la fuerza y masa del actuador

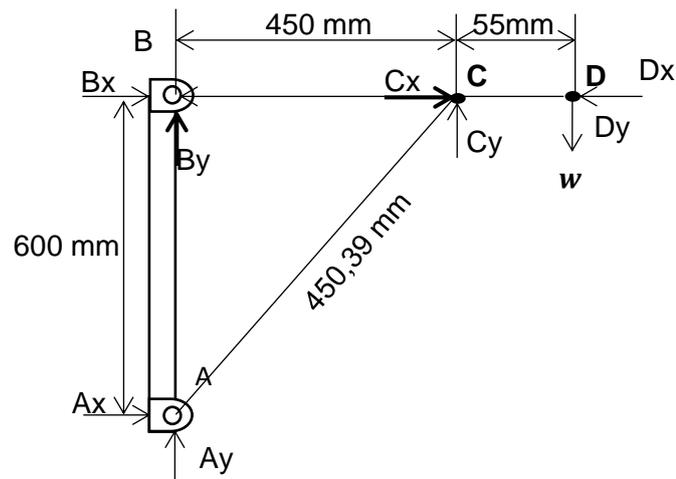
11.2.1.1 Cálculo según el método de nodos estructurales

Según el método de nodos, se calculará las fuerzas que existen en cada nodo para la determinación en cada lugar del diseño.

Para el análisis se calcula mediante sumatoria de momentos y de las fuerzas que actúan sobre cada nodo.

Los puntos A, B, C y D de la Figura 6 se describe que A (A_x - A_y) es la reacción que ejerce entre la base principal, la parte fija y el actuador, el punto B (B_x - B_y) es la reacción entre la parte del mecanismo fijo y del mecanismo móvil, punto C(C_x - C_y) es la reacción que actúa entre el mecanismo fijo y el actuador ejerciendo un movimiento, punto D(D_x - D_y) es la reacción que realiza el peso de la persona al momento de su elevación a la posición bípeda.

Figura 6. Diagrama de cuerpo libre



Elaborado por: Los Autores

Se calculará el peso (w), que tiene que soportar el actuador eléctrico en el punto extremo (D) como lo indica en la Figura 6, donde se debe considerar el peso que genera la gravedad.

$$w = 80kg * 9,8 \frac{m}{s^2}$$

$$w = 784N$$

Mediante el método de cargas en bastidores se realizará sumatorias de momentos cuando el cuerpo está en estado estático en el punto A y B en sentido horario.

$$\sum MB^+ = 0$$

$$Ax * 600mm - 784N * 505mm = 0$$

$$Ax = \frac{784N * 505mm}{600 mm}$$

$$Ax = 659,86 N$$

$$\sum MA^+ = 0$$

$$-Bx * 600mm - 784N * 505mm = 0$$

$$-Bx = \frac{784N * 505mm}{600mm}$$

$$Bx = -659,86 N$$

Se realizará sumatoria de fuerzas en el eje X; Y.

$$\sum Fx = 0$$

$$Bx + Ax = 0$$

$$Ax = -Bx$$

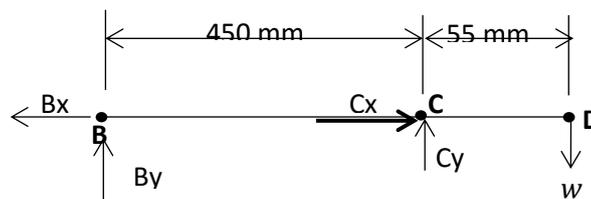
$$\sum Fy = 0$$

$$Ay + By - 784N = 0$$

$$Ay + By = 784N$$

Se calculará la sumatoria de momentos en el mecanismo móvil \overline{BCD} . Se representa BCD las reacciones que actúan en cada punto.

Figura 7. Cargas en el mecanismo móvil \overline{BCD}



Elaborado por: Los Autores

$$\sum MC^+ = 0$$

$$-By * 450mm - w * 55mm = 0$$

$$-By = \frac{784N * 55mm}{450mm}$$

$$By = -95,82N$$

$$\sum Fx = 0$$

$$-Bx + Cx = 0$$

$$Cx = Bx$$

$$Cx = 659,86N$$

$$\sum Fy = 0$$

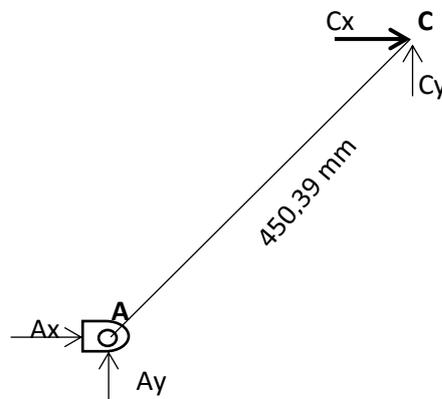
$$-By + Cy - Dy = 0$$

$$Cy = 95,82N + 784N$$

$$Cy = 879,82N$$

Se calculará sumatoria de fuerzas para el actuador eléctrico en los puntos \overline{CA} que representa la longitud del actuador en estado retraído como se representa en la Figura 8.

Figura 8. Sumatoria de Fuerzas en el actuador eléctrico



Elaborado por: Los Autores

$$\sum F_y = 0$$

$$-C_y + A_y = 0$$

$$A_y = C_y$$

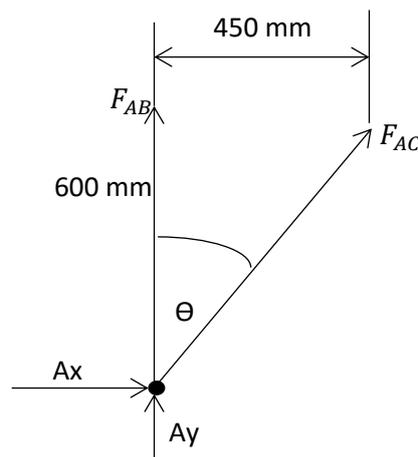
$$A_y = 879,82N$$

El valor de A_y es la fuerza que ejerce el punto A.

11.2.1.2 Cálculo según el método en bastidores

Se calculará la carga en bastidores mediante el análisis del peso que resiste en nuestra unión y soporte de un bastidor como se representa en la Figura 9.

Figura 9. Diagrama de inclinación del actuador



Elaborado por: Los Autores

Mediante funciones trigonométricas se calculará el ángulo de inclinación del actuador en su punto crítico, en donde el esfuerzo del actuador es mayor a cualquiera ángulo de elevación, como representa en la Figura 9.

$$\tan \theta = \frac{450 \text{ mm}}{600 \text{ mm}}$$

$$\theta = \tan^{-1} 0,75$$

$$\theta = 36,86^\circ$$

Se calculará la fuerza máxima que soporta el actuador en el punto crítico al momento de su elevación con la persona mediante la sumatoria de fuerzas.

$$\sum Fy = 0$$

$$Ay + F_{AC}(\text{sen } 36,86^\circ) = 0$$

$$F_{AC} = \frac{-879,82}{\text{Sen } 36,86^\circ}$$

$$F_{AC} = -1466,70 \text{ N}$$

$$F_{AC} = 1466,70 \text{ N}$$

El motivo del valor negativo de F_{AC} se refiere a la fuerza que ejerce es hacia el punto A del actuador eléctrico.

Se calculará cuál es la masa (m) que va a resistir con esa presión el actuador, tomando en cuenta que la gravedad (g) es constante.

$$w = mg$$

$$1466 \text{ N} = mg$$

$$m = \frac{1466,70 \text{ N}}{9,8 \text{ m/s}^2}$$

$$m = 149,66 \text{ Kg}$$

El cálculo de la masa es el valor que va ejercer el actuador en condiciones para la elevación del mecanismo móvil más el peso de la persona y la gravedad, tomando en cuenta que hay que incrementarle un valor de seguridad del 10%.

11.3 Torque del motor

Se calculará mediante la Ecuación 1. El peso total que recibirá el motor durante el trabajo, teniendo en cuenta que el peso de la gravedad no es despreciable.

$$w_T = (15 \text{ kg} + 80 \text{ kg}) * 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$w_T = 931 \text{ N}$$

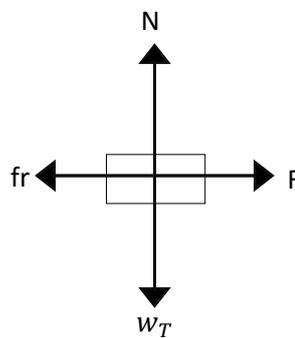
Posteriormente se calculará la aceleración con la Ecuación 6, para después añadir en la sumatoria de fuerzas, tomando en cuenta que el dispositivo se desplazará con una velocidad de 1 m/s .

$$\vec{a} = \frac{1m/s}{1s}$$

$$\vec{a} = 1 \frac{m}{s^2}$$

Uno de los aspectos más importantes antes de elegir un motor, es conocer cuál es el torque que se necesita para mover el peso total del dispositivo. Aplicando diagramas de fuerzas y sumatoria de fuerzas para conocer las características necesarias de los materiales necesarios.

Figura 10. Diagrama de Fuerzas



Elaborado por: Los Autores

$$\sum F_y = 0$$

$$N - w_T = 0$$

$$N = w_T$$

$$N = 931N$$

Considerar cuál es el rozamiento que nos dará nuestro dispositivo.

$$fr = \mu N$$

$$fr = 0,5(931N)$$

$$fr = 465,5N$$

Se calcula la fuerza mediante la sumatoria de fuerzas en el eje x .

$$\sum F_x = m * a$$

$$-fr + F = m * a$$

$$F = m * a + fr$$

$$F = 95kg \left(1 \frac{m}{s^2}\right) + 465,5N$$

$$F = 560,5N$$

Con la Ecuación 3. Se calculará el torque que se necesitara para mover el diseño.

$$\tau = 560,5N(1m)$$

$$\tau = 560,5N$$

Con la Ecuación 10 se podrá calcular la potencia eléctrica, tomar en cuenta que cuenta que el torque es una potencia mecánica y el 0,9 es el nivel de confiabilidad en eficiencia (η) que se le da al motor.

$$Pe = \frac{560,5J/s}{0,9}$$

$$Pe = 622,7 \text{ Watts}$$

Especificaciones Técnicas del motor DC seleccionado

Tabla 3. Especificaciones técnicas de los motores (Costo – Beneficio)

Marca del motor	Electric motor types	Samsung Smart	Srush servo motors
Modelo	DC gear motor	Balancing scooter 6.5inch	SM7185W
Potencia máxima	100-300W (0.40 HP)	700 watts (0.93 HP)	240 W (0.32 hp)
Torque máximo	300Nm	700Nm	240Nm
RPM motor	50-500 rpm	500-1000 rpm	215 rpm
Voltaje de alimentación	12-24V	36V	24V
Peso del motor	9KG	10 KG	5 kg
Tienda de compra	Amazon.com (USA)	TVentas (ECU)	Alibaba.com (China – Hangzhou)
Precio	\$ 45	\$ 402.99	\$ 55

Elaborado por: Los Autores

Con estas especificaciones presentadas en la Tabla 3, se procede con la elección del motor apropiado el que se usará en el dispositivo de bipedestación.

En la primera columna se tiene el motor de marca Electric motor types con el modelo DC gear motor; las características que nos ofrece este motor son las más apropiadas y adecuadas que se requiere para el dispositivo de bipedestación, como ventajas tenemos su costo de adquisición y peso del motor. Las desventajas más grandes que posee es su baja potencia, torque y rpm; el factor mecánico reduce el rendimiento del dispositivo se requiere de dos motores con una programación alterna para su perfecto funcionamiento que es demasiado costoso y se elevaría el presupuesto.

Como segunda opción se tiene el motor SM7185W de la marca Srush servo motors, las características de este motor son similares al anterior, como ventajas es el precio de adquisición y el peso del motor, como desventajas se tiene su bajo rendimiento mecánico torque, rpm y su potencia; ya que repercute en la eficiencia del proyecto y excede el costo de programación en los motores.

Como opción más adecuada se tiene el motor de la marca Samsung Smart con el modelo Balancing scooter 6.5inch, con las cualidades óptimas para el prototipo. Las ventajas de estos motores es que ofrecen un alto torque. Además las revoluciones por minuto son adecuadas, la desventaja es su peso ya que supera a los anteriores modelos y se requiere una reprogramación de las tarjetas. Una de las características principales es el costo beneficio de la adquisición de los motores ya que no requiere trámites y costos de importación o altos costos de programación como los anteriores, este proyecto en sí; es el de reducir su costo de elaboración sin perder su eficiencia, se consideró una de las mejores opciones para el proyecto de desplazamiento de personas parapléjicas.

Actuador lineal

Tabla 4. Actuador eléctrico

Marca	Jianshun
Modelo	JS-TGZ-U2
Potencia máxima	10W
Capacidad de carga	1500N / 350lbs
Voltaje de alimentación	12VDC-3A

Desplazamiento max	600mm
Tienda de compra	AliExpress.com
Precio	\$ 180

Elaborado por: Los autores

Como la mejor opción para la elevación de la persona al estado bípedo es un actuador lineal con el modelo JS-TGZ-U2 de la marca Jianshun, como ventaja tiene su capacidad de carga, el desplazamiento del vástago y su voltaje, como desventajas tiene la programación ya que requiere de una inversión de giro para que el actuador despliegue los 600mm y retraiga el mismo. El principal beneficio es el costo de adquisición de los materiales, ya que no requiere trámites y costos de importación o altos costos de programación, se considera una de las mejores opciones para el proyecto de desplazamiento.

11.4 Análisis del sistema ergonómico

El dispositivo se creará sus partes mecánicas según la norma INSHT en el apartado de antropometrías y en la parte para los mandos según el apartado NPT 226: Mandos.

Para los cálculos se recolectó muestras de medidas antropométricas según la Figura 1, de personas con discapacidades especiales.

Tabla 5. Datos antropométricos utilizados para el diseño

	Persona 1	Persona 2	Persona 3	Persona 4	Persona 5
	Johana	Miguel	Gerardo	(170 cm)	(168cm)
	Medina	Galarza	Montenegro		
Altura	43 cm	48 cm	43 cm	49 cm	48 cm
rodilla- suelo					
Longitud	58 cm	61 cm	60 cm	64 cm	62 cm
cintura- ojos					
Longitud	44 cm	46 cm	48 cm	49 cm	48 cm
cintura- pecho					
Alcance del brazo	63 cm	70 cm	67 cm	75 cm	73 cm
Ancho del pecho	32 cm	34 cm	48 cm	38 cm	36 cm

Longitud de la mano	17 cm	18 cm	18 cm	18,5 cm	18 cm
Longitud codo- puño	35 cm	40 cm	45 cm	43 cm	42 cm
Longitud piso - pecho	128 cm	125 cm	136 cm	139 cm	137 cm

Elaborado por: Los Autores

Mediante el análisis y levantamiento de información de personas con discapacidad motriz de sus partes antropométrica según el ANEXO 3, se toma en cuenta que las medidas que se utilizarán en el acople de las partes de las personas, con los acoples mecánicos.

Según la norma INSHT, se tomarán los percentiles P5 y P90, para conocerse entre que valores debe estar diseñado la altura de cada acople de las rodillas y que la mayoría de población pueda dominar el dispositivo con la mayor comodidad.

Todo cálculo y medida presentada a continuación se calcula en cm.

Altura de las rodillas

Se calcula los percentiles para conocer la altura del diseño y acople ergonómico de las rodillas, quiere decir que se deberá tomar una muestra para conocer cuál es el percentil adecuado para la construcción. La norma INSHT, establece que se debe tomar aparte de los percentiles antes mencionados, P40, para que las personas puedan dar un buen desempeño del prototipo.

Tabla 6. Datos de las alturas de las rodillas

Altura rodillas (cm)		
D3	1	43
D4	2	48
D5	3	43
D6	4	49
D7	5	48

Elaborado por: Los Autores

Tabla 7. Cálculo - rodilla

# de percentil	Medida (cm)
Percentil 5	43,0
Percentil 90	48,6
Percentil 40	46,0

Elaborado por: Los Autores

Se toman los percentiles 5-90 para la construcción. Los resultados que se analizaron mediante el método de los percentiles dan un valor al cual se hará referencia para su diseño.

Longitud del pecho

Se calculará los percentiles 5-90 para la construcción del acople del pecho, para que sea ergonómicamente construido con sus medidas y no sea molesto al colocarse, mediante el estudio se deberá conocer cuál es el límite permisible que se va a manejar para que la mayoría de las personas puedan usar el prototipo.

Tabla 8. Medidas longitud del pecho

Longitud del pecho (cm)		
D3	1	32
D4	2	34
D5	3	48
D6	4	38
D7	5	36

Elaborado por: Los Autores

Para el cálculo se utiliza la herramienta de Excel con las fórmulas de los percentiles.

Tabla 9. Cálculo para el ancho del pecho

# de Percentil	Medida (cm)
Percentil 5	32,4
Percentil 90	44,0
Percentil 40	35,2

Elabora por: Los Autores

Se toma el percentil 40, el cual representará a la construcción del soporte de la parte torácica de las personas que puedan utilizar el prototipo.

Longitud del piso al pecho

Se calculará la longitud del piso al pecho para la ubicación que tomará el acople del pecho.

Tabla 10. Medidas de la longitud del piso al pecho

Longitud del piso al pecho (cm)		
D3	1	128
D4	2	125
D5	3	136
D6	4	139
D7	5	137

Elaborado por: Los autores

Tabla 11. Cálculo de piso al pecho

# del percentil	Medida (cm)
Percentil 5	125,6
Percentil 90	138,2
Percentil 40	132,8

Elaborado por: Los autores

Se toma el percentil 40, como referencia para la construcción de la altura desde la base principal al pecho de la persona tomando en cuenta el mecanismo fijo y móvil.

Longitud del codo al puño

Según la norma INSHT, es necesario conocer las medidas de las partes críticas donde se acopla cada parte del cuerpo con la estructura, lo recomendable será calcular el percentil 5-90.

Tabla 12. Datos del codo a la mano

Longitud del codo a la palma de la mano (cm)		
C17	1	35
C18	2	40
C19	3	45
C20	4	43
C21	5	42

Elaborado por: Los Autores

Tabla 13. Cálculo longitud codo – palma de la mano

# de Percentil	Medida (cm)
Percentil 5	36,0
Percentil 90	44,2
Percentil 40	41,2

Elaborado por: Los Autores

Se calculará para conocer a que distancia se colocará el sistema de sostenibilidad para que no exista un sobreesfuerzo físico, y que se encuentre dentro de los alcances de las personas, tomando en cuenta que esta parte será fija, por motivo que contenga una estabilidad en el diseño.

11.5 Diseño de planos y construcción del dispositivo

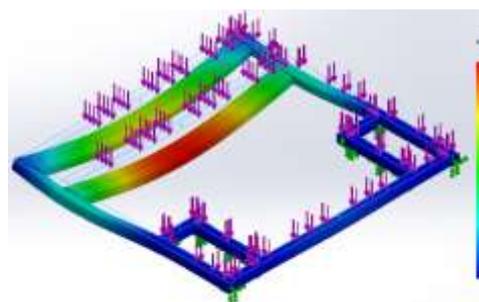
El diseño construido representará a cómo el dispositivo va a quedar al final de su construcción, se utilizó un software de diseño CAD ya que el mismo ayuda a conocer cuáles son las dimensiones que se van a utilizar dentro del prototipo.

11.5.1 Diseño de planos

11.5.1.1 Bastidor del dispositivo de ayuda

Para el diseño del prototipo se analiza la parte estructural que va a soportar el peso de la persona y el peso de los accesorios que van a ir instalados, se toma como consideraciones que la parte mecánica. El análisis de resistencia del material según el peso que va ejercer se ilustra en la Figura 11, el material a utilizar es el acero estructural.

Tomar en cuenta que la Figura 11, se presenta colores de los niveles de tolerancia, color rojo lugar donde ejerce mayor carga, verde es el que ejerce una carga media, el azul el que no ejerce ninguna carga.

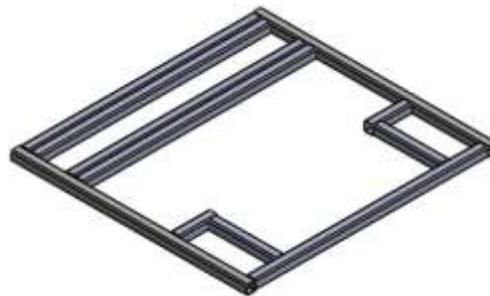
Figura 11. Soporte del bastidor

Elaborado por: Los Autores

Se ha construido la base estructural, con un ancho que no sea mayor al acceso de lugares, ancho de las puertas, de tal modo que sea factible poder desplazar en espacios abiertos o lugares cerrados.

La base estructural está construida con tubo cuadrado de acero estructural el mismo que su peso no sobrepasa a los 3 Kg en toda la estructura de la base las dimensiones se especifican según el ANEXO 5.

Figura 12. Bastidor del dispositivo

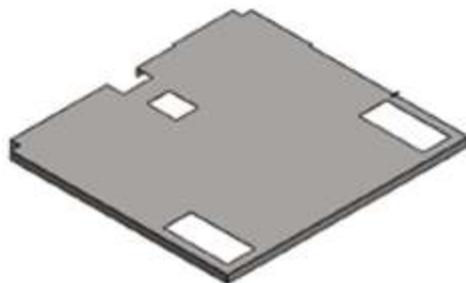


Elaborado por: Los Autores

11.5.1.2 Recubrimiento parte exterior de la estructura

Se escogió el material lamina de acero inoxidable, porque es liviana ayuda a disminuir peso en la estructura, una de las características es que el peso la lámina de acero inoxidable no llega a más de 2kg en todo el recubrimiento de la base. Las dimensiones se especifican en el ANEXO 10 plano número 1.

Figura 13. Recubrimiento

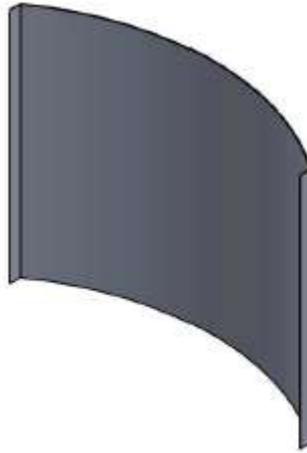


Elaborado por: Los Autores

La parte frontal está en base al mismo tol con una estructura redondeada, para que ese espacio sea usado para el acople eh instalación de las baterías, para que la persona pueda llevar

cualquier accesorio que sea necesario. Las dimensiones se especifican en el ANEXO 10 plano número 9.

Figura 14. Recubrimiento frontal



Elaborado por: Los Autores

11.5.1.3 Mecanismo de elevación y sujeción

Mecanismo de elevación parte fija

Se soldará la correa en la base principal del prototipo, el cual debe resistir el peso de la persona y el movimiento de la parte móvil que conecta con el actuador al momento de la elevación, hasta llegar a la posición vertical. Su altura está pensada para que el conductor sienta la comodidad sin verse afectada por la postura que toma cuando quiere conducir el prototipo según la Figura 17, ANEXO 6.

Figura 15. Mecanismo parte fija



Elaborado por: Los Autores

Mecanismo de elevación y sujeción parte móvil

En la base fija, se encuentra soldada una correa, la cual permite un giro de 90° con ayuda de un actuador lineal esto consiente en que la persona se ponga en un estado bípedo, en la parte superior de la correa existe un tubo perpendicular que servirá para que reposen las manos del conductor y sea de apoyo en la estabilidad, confianza y seguridad de las persona, ANEXO 7, 8 y 9.

Figura 16. Mecanismo de elevación parte móvil



Elaborado por: Los Autores

11.5.2 Construcción del dispositivo

11.5.2.1 Ensamble e integración de los componentes del dispositivo.

Una vez descrito, el diseño de las partes principales que conforma el diseño del bipedestador, se detalla a continuación el ensamble y el orden que se debe tomar en cuenta en la construcción del prototipo.

Inicialmente se procede a la construcción en la base del bipedestador; luego se procede a colocar los motores; ya que estos deberán ir sujetos a toda la estructura. Se considera como el segundo elemento a ser ensamblado en la base ya que los motores son primordiales en el prototipo; su correcto montaje, alineación permitirá controlar de mejor manera el sistema. Una vez asegurados los motores, se procede al ensamble de las ruedas delanteras, se debe tomar en consideración soldarlas a la misma altura de las ruedas posteriores del prototipo; tal que ninguna de las cuatro quede descentradas y puedan compactar con el suelo.

Figura 17. Estructura de la base



Elaborado por: Los Autores

Una vez ensamblada la parte de transmisión del bipedestador, se ensambla el mecanismo de elevación fija.

Figura 18. Mecanismo de elevación



Elaborado por: Los Autores

Luego, se procede a ensamblar el mecanismo de elevación móvil en conjunto con el actuador lineal tomando en cuenta las medidas antropométricas de la persona. Se procede a soldar la base de las rodillas.

Figura 19. Acople del mecanismo de las rodillas



Elaborado por: Los Autores

Al final se ubica la plataforma superior; esta va remachada a la base del bipedestador, donde es la superficie de contacto de la persona.

11.5.2.2 Ensamble de los elementos mecánicos y eléctricos

A continuación se detalla la ubicación y ensamble de los distintos componentes eléctricos, cableado, fuentes de energía, sistema de comunicación, entre otros.

Acoplamiento de los motores DC

Los motores son componentes fundamentales en el prototipo, su correcto montaje y alineación permitirá controlar físicamente al bipedestador. Estos motores se acoplan a un soporte propio de acero inoxidable y es recubierto de plástico, el cual se sujeta a la base principal del bipedestador con ayuda de platinas.

Conexión de los motores DC

Para este proceso se debe tomar en cuenta que el principal componente que tiene son los controladores manuales del motor, se energiza con una batería de 36V 4.4Ah, cuenta con una reprogramación independiente de cada uno de los motores para una mejor maniobrabilidad del prototipo y que esta debe estar en la parte superior del mecanismo móvil.

Acoplamiento del actuador lineal

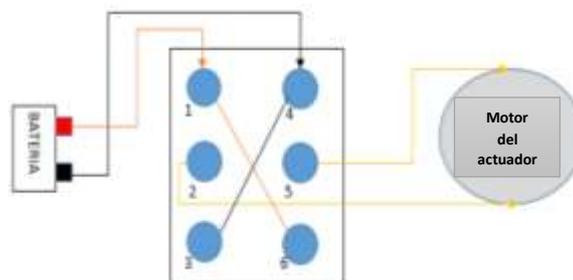
Es un componente fundamental para la elevación de la persona al estado bípedo, la base del actuador esta soldada a la base principal del prototipo y la parte superior del vástago se encuentra soldada en la parte superior del mecanismo móvil.

Conexiones eléctricas del actuador lineal

Consta de una batería de 12V 7A independiente a las baterías de los motores, sus conexiones consta de un switch de tres posiciones (ON/OFF/ON) para realizar una inversión de giro en el actuador, para expandir y retraer el actuador, el switch está en la parte superior del mecanismo de elevación móvil para que la persona tenga mayor confianza y seguridad, la batería está ubicada en la parte frontal del prototipo.

En la Figura 20, tenemos el diagrama de conexiones del actuador lineal para expandir y retraer el actuador, al momento que requiera la persona.

Figura 20. Sistema de conexión del switch



Elaborado por: Los Autores

11.6 Comparación diseño manual y automatizado.

Para el presente proyecto se realizó cálculos, para la comparación de lo que se mejoró a diferencia del dispositivo manual, uno de los puntos a mejorar es el acople de las partes ergonómicas, eficiencia que brinda al momento de moverse, elevación hasta la parte vertical, el sistema de mando.

11.6.1 Acople de las partes ergonómicas y sistema de mandos.

Diseño manual, el dispositivo manual no incluye un acople móvil para las rodillas, es un dispositivo inestable, el acople del pecho no estaba de acuerdo a los cálculos de los percentiles, era molesto para el usuario al momento de utilizarlo, mientras que el sistema de mando era con un volante de tipo de bicicleta, el mismo que es inestable por lo que se perdía la estabilidad.

Diseño automatizado, para el presente dispositivo ya construido se realizó cálculos según la norma INSHT, el cual consistía en calcular los percentiles 5-90 para que exista una acogida de una mayor población en el cantón Latacunga.

El sistema automatizado tiene pulsadores, que según la norma INSHT- NPT 226, dice que la precisión es buena y no se requiere de fuerza al momento de accionar el pulsador.

11.6.2 Eficiencia del motor

Uno de los puntos de carencia que existía era que la eficiencia (η) que nos brindaba el dispositivo sin automatizar era muy poca a comparación a lo que el usuario necesitaba.

Eficiencia dispositivo sin automatizar:

$$\eta = \frac{1,66 W}{144 W} * 100\%$$

$$\eta = 1,15\%$$

Mientras el dispositivo ya automatizado según los cálculos brinda una eficiencia detallada posteriormente:

DATOS

Voltaje $V = 36V$

Tiempo $t = 16s$

Distancia $d = 15m$

Potencia Eléctrica $P_e = 700W$

Mediante la Ecuación 4 se procede a calcular la velocidad.

$$\vec{V} = \frac{15m}{5s}$$

$$\vec{V} = 3 m/s$$

Ya obtenido la velocidad final se calcula la aceleración con la Ecuación 6.

$$\vec{a} = \frac{3 m/s}{5s}$$

$$\vec{a} = 0,6m/s^2$$

La fuerza del motor que necesita se calcula con la Ecuación 8.

$$\vec{F} = 25kg * 0,6m/s^2$$

$$\vec{F} = 15 N$$

Para conocer el trabajo que ejerce nuestro motor se calcula con la Ecuación 9.

$$W = 15 N * 15m$$

$$W = 225 J$$

Para calcular la potencia mecánica se aplica la Ecuación 11.

$$Pm = \frac{225 J}{5 s}$$

$$Pm = 45 J/s$$

Se determina la eficiencia del motor mediante la Ecuación 13.

$$\eta = \frac{45 W}{700 W} * 100\%$$

$$\eta = 6,43\%$$

Comparando, se nota que existe una diferencia de 5,28% en la eficiencia, a comparación del dispositivo manual. El motivo del no rendir al 100% de los motores es por la seguridad de las personas con discapacidades especiales, las personas con este tipo de discapacidad necesitan moverse con seguridad y con una velocidad que no sobrepase los 3 m/s en el desplazamiento.

11.6.3 Sistema de elevación

Otra de las deficiencias que tenía el dispositivo manual de ayuda para personas paraplégicas es el sobreesfuerzo físico que realizan los brazos de la persona al momento de su elevación, ya que la forma de elevación era manual y exigía demasiado tiempo.

A comparación del diseño automatizado, se reemplazó con un actuador eléctrico, su funcionamiento es con un acople de un switch de tres posiciones para brindarle la inversión de giro al motor, el cual ya no demanda esfuerzo físico.

11.6.4 Estabilidad del prototipo

El dispositivo manual no era estable por el mal dimensionamiento de la base y tenía en la parte trasera un acople de varillas y rozaban en una rampa.

La estabilidad del prototipo automático se colocó mediante el punto centro o punto muerto de toda su base donde, en el punto centro se pudo ubicar nuestro mecanismo fijo y móvil para que al momento de ejercer el peso proporcional el dispositivo de ayuda no tienda a desequilibrarse al momento de su elevación.

11.6.5 Discusión del dispositivo manual y automatizado

Tabla 14. Comparación dispositivo manual y automático

	Manual	Automático
Eficiencia del motor en 15m	1,15%	6,43%
Horas de durabilidad	30 minutos	8 Horas

Elaborado por: Los Autores

La diferencia entre el dispositivo manual y automático, vemos que fue mejorada y la autonomía de utilización energética se prolongó a más de 7 horas 30 minutos de uso a su máxima carga.

12. IMPACTOS

Impacto social

Se estará creando un prototipo eléctrico de este tipo a nivel de la provincia de Cotopaxi, que ayude a las personas con paraplejía, mejorando su estilo de vida en el ámbito social de las personas que lo vayan a utilizar, brindando una confiabilidad al momento de trasladarse dentro o fuera de su entorno.

Impacto Económico

Se crea un prototipo de bajo costo, a diferencia de prototipos importados bordean los 15 mil dólares. Con la reducción de los impuestos y aranceles los cuales tienen como beneficio las personas discapacitadas, el prototipo creado tiene un costo de 1312.08 dólares.

Impacto Técnico

El prototipo automático se puede construir mediante medidas antropométricas en un sistema automatizado de bajos costos en el país, utilizando programas de simulación CAD, su construcción se utilizaron materiales eléctricos eficientes como el actuador lineal y un motor.

13. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO

Tabla 15. Presupuesto

PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN					
Recursos		Cantidad	Unidad	Valor Unitario \$	Valor Total \$
Equipos	Suelda eléctrica	15	Horas	5	75
	Moladora	8	Horas	3	24
	Compresor	2	Horas	3	6
	Taladro	2	Horas	3	6
	Remachadora	1	Compra	17	17
	Cautín	1	Compra	5	5
	Martillo	1	Compra	3	3
	Juego de llaves	3	Horas	3	9
	Multímetro	1	Compra	15	15
	EPP	2	Compra	15	30
Transporte y salida de campo	Movilización Vehicular	15	Veces	4	60
Materiales y suministros	Motor paso a paso	1	Unidad	400	400
	Actuador lineal	1	Unidad	180	180
	Materiales eléctricos	–	–	–	50
	Llantas	2	Unidad	15	30
	Electrodos	5	Libras	2	10
	Tol	1	Plancha	15	15
	Correa	1	Unidad	10	10
	Tubo cuadrado	1	Unidad	10	10
	Tornillos y tuercas	6	Juegos	0,25	1,5
	Tiñer	5	Litros	1,25	6,25

	Masilla	5	Libras	1,25	6,25
	Isarcol	3	Frascos	6	5
	Alambre	3	Metros	0.60	1,80
	Copias	200	Unidades	0.02	4
Material Bibliográfico y fotocopias.	Libros	3	Unidades	5	15
	Internet	25	Horas	0.60	15
	Alimentación	20	Veces	2.50	50
Gastos Varios	Suministros de oficina				43
Otros Recursos	Programación de tarjetas para los motores	1	-	100	100
Sub Total					1192,80
10%					119,28
TOTAL					1312.08

Elaborado por: Los Autores

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

14.1 CONCLUSIONES

- En el dispositivo automático se aumenta 7 horas 30 minutos de tiempo autonomía a diferencia del prototipo manual que era de 30 minutos. Esto se debió al tipo de motores DC que se utilizaron, como consecuencia se ha mejorado la durabilidad de sus baterías.
- Se mejoró la capacidad de carga del mecanismo de elevación para levantar y resistir un peso de 150 kilogramos a diferencia del prototipo manual que tenía una capacidad de carga de 95 kilogramos, porque se implementó un actuador lineal que permite la facilidad de elevación.
- El sistema ergonómico del dispositivo mejora la confianza y la seguridad de la persona parapléjica, por la implementación de partes adaptables al cuerpo, el cual aumenta el confort en sus extremidades inferiores.
- Mediante el análisis de esfuerzos, se determinaron los puntos críticos en los distintos mecanismos para su construcción, tomando en cuenta como factor principal la seguridad de la persona.

14.2 RECOMENDACIONES

- El tiempo de carga de las baterías, no debe superar los 60 minutos, esto prolongará la vida útil de las baterías y la eficiencia de los motores.
- Se debe hacer un mantenimiento preventivo en los motores y el actuador lineal del prototipo para evitar daños en su funcionabilidad y disminución de su eficiencia, porque existen tarjetas electrónicas de control que se pueden deteriorarse por la acumulación de polvo.
- Se debería realizar un estudio de mejora de las personas que utilizarán el prototipo, ya sea de su estado físico, psicológico, por las posturas ergonómicas que van tomar en el uso prolongado del diseño.
- Es necesario crear un sistema de control a larga distancia, para que su usuario pueda direccionar al dispositivo mediante los controles.

15. BIBLIOGRAFÍA

- AMS Mekatronic. (26 de MARZO de 2012). *TEK RMD*. Obtenido de <https://www.xataka.com/robotica-e-ia/tek-rmd-una-plataforma-de-movilidad-que-deja-obsoleta-a-las-sillas-de-ruedas#comments>
- Binder, M. D., Hirokawa, N., & Windhorst, U. (2009). *Encyclopedia of Neuroscience*. Berlin Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Binder, M. D., Hirokawa, N., & Windhorst, U. (2009). *Encyclopedia of Neuroscience*. Berlin Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Cengel, Y. A., & Boles , M. A. (2012). *Termodinámica- 7º Edición*. Mexico: McGRAW-HILL- INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Consejo Nacional para la igualdad de discapacidades. (2015). *Personas con discapacidad por provincia*. Quito: Registro nacional de discapacidades.
- Cuixart, C. N. (1998). NTP 226: Mandos: ergonomía de diseño y accesibilidad. En C. N. Cuixart, *Mandos: Ergonomia de diseño y accesibilidad* (pág. 9). España: Grafo S.A .
- Chapman, S. J. (2000). *Maquinas Electricas- 3º Edición* . Venezuela : McGraw-Hill.
- EMOL. (28 de Noviembre de 2015). Obtenido de Qué es el "hoverboard": Revisamos la evolución electrónica del skate: <http://www.emol.com/noticias/Tecnologia/2015/11/25/760961/Hoverboard.html>
- Goldstein, S., & Naglieri, J. A. (2011). *Encyclopedia of Child Behavior and Development*. Boston : Springer US.
- Grife, L., Vidal, J., Ruiz Gaspa , S., Portell , E., Monegal , A., Muxi , A., . . . Peris , P. (2014). *Efecto de la lesión medular motora completa reciente en el recambio óseo y en la evolución de la masa ósea*. España: Rev Osteoporos Metab Miner.
- GRUDILEC. (2014). Obtenido de Automatismo Electronico: <https://es.scribd.com/document/203471127/8-automatismoelectronico217-266-2>
- Hibbeler , R. C. (2010). *Ingeniería Mecanica- Estatica 12º Edición* . Mexico: Pearson Education .
- INSHT. (2010). *Ergonomia y Discapacidad*. España: GRAFO S.A.

- Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo . (2010). *Antropometria*. España: AENOR.
- Mooren, F. C. (2012). *Encyclopedia of Exercise Medicine in Health and Disease*. Berlin - Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Moreno Fergusson , M. E., & Amaya Rey, M. D. (2012). Cuerpo y corporalidad en la paraplejia: *Avances de Enfermería*, 82-94.
- Oñate, N. A., & Beltran, M. A. (2010). *EQUIPAMIENTO PARA LA DISCAPACIDAD: PROPUESTA DE UN BIPEDESTADOR ELÉCTRICO INFANTIL*. Madrid: Universidad de La Frontera.
- Panero , J., & Zelnik, M. (1996). *Las dimensiones humanas en los espacios interiores* . España : Gustavo Gili, SA. Barcelona, 1983 .
- Pavón Solano , S. L. (2016). *Diseño y construcción de una grúa para transferencia de personas con discapacidad motriz*. Ibarra.
- Ronald, S., García, E., & Thalía, S. A. (2013). Diseño de un equipo de bipedestación. *Ingeniería UC*, 25-33.
- Saavedra, R., Garcia, E., & San Antonio, T. (1 de Abril de 2013). *Diseño de un equipo de bipedestación*. Obtenido de Diseño de un equipo de bipedestación: <http://www.redalyc.org/pdf/707/70732640004.pdf>
- Tens Mexico. (12 de Junio de 2102). *MESA-CAMILLA PARA BIPEDESTACIÓN - TILT TEST*. Obtenido de http://www.tensmexico.com/estabilizador_supino.php
- Trabajo, I. N. (1998). NTP 226: Mandos: ergonomía de diseño y accesibilidad. En C. N. Cuixart, *Mandos: ergonomía de diseño y accesibilidad* (pág. 9). España .
- UNESCO. (2013 -2017). *Áreas de conocimiento de la Unescoi*. Quito: Senplades.
- UTC. (2015). *Líneas de Investigación UTC*. Latacunga .
- Vallejo, P., & Zambrano, J. (2010). *Fisica Vectorial- 7º Edición* . Ecuador : Ediciones Robin .
- Viloria, J. R. (2014). *Motores de Corriente Continua*. España: Ediciones Praninfo S.A.

16. ANEXOS

ANEXOS

ANEXO 1

DATOS PERSONALES

APELLIDOS: Calvopiña Ugsha
NOMBRES: Darío Javier
CÉDULA DE IDENTIDAD: 050413729-0
NACIONALIDAD: Ecuatoriana
FECHA DE NACIMIENTO: 6 de noviembre de 1993
EDAD: 23 Años
ESTADO CIVIL: Casado
DOMICILIO: Cotopaxi, Pujilí.
TELÉFONO DOMICILIO: (03) 2725-645
CELULAR: 0987741764
E-MAIL: dariojaviercalvopia@yahoo.es



FORMACIONES ACADÉMICAS

PRIMARIA:

Escuela Fiscal “Miguel de Cervantes”.

SECUNDARIA:

Colegio Nacional “Provincia de Cotopaxi”

Bachiller en Físico Matemático

SUPERIOR:

Universidad Técnica de Cotopaxi

Décimo Ciclo – Carrera Ingeniería Industrial

ANEXO 2

DATOS PERSONALES

APELLIDOS: Zapata Chasiluisa
NOMBRES: Stalin Fabián
CÉDULA DE IDENTIDAD: 050385219-6
NACIONALIDAD: Ecuatoriana.
FECHA DE NACIMIENTO: 12 de enero de 1992
EDAD: 25 Años de edad.
ESTADO CIVIL: Soltero.
DOMICILIO: Cotopaxi, Pujilí.
TELÉFONO DOMICILIO: (03) 2724-533
CELULAR: 0984074336.
E-MAIL: fabianzapatach@gmail.com



FORMACIONES ACADÉMICAS

PRIMARIA:

Escuela Fiscal “Leonardo Moscoso”.

SECUNDARIA:

Colegio Técnico “Pujilí”.

Bachiller Técnico Industrial.

Especialización: Instalaciones Equipos y Maquinas Eléctricas.

SUPERIOR:

Universidad Técnica de Cotopaxi

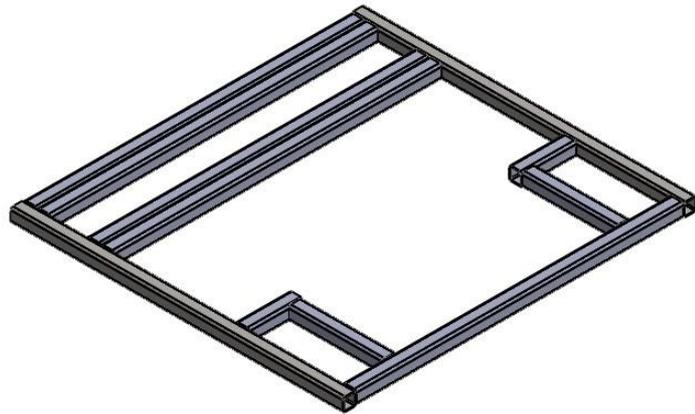
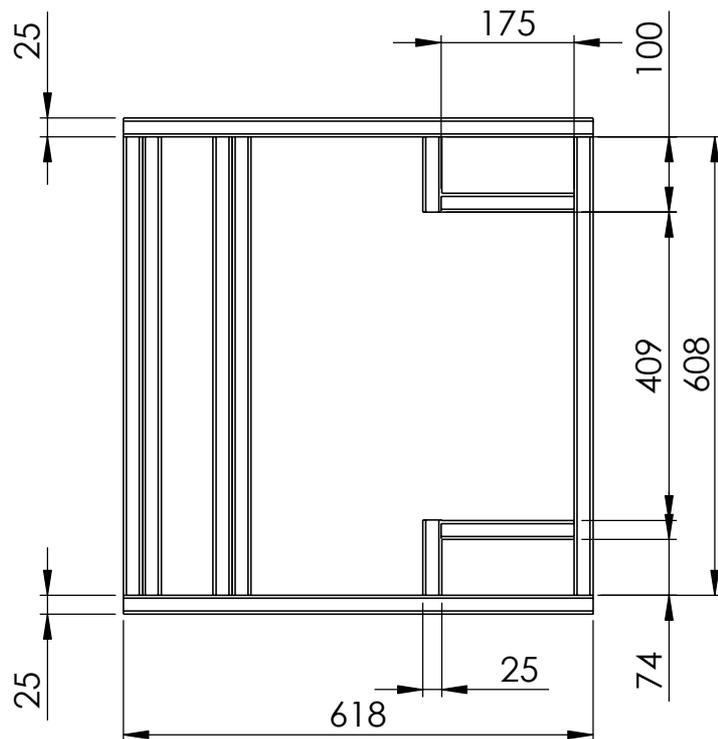
Décimo Ciclo – Carrera Ingeniería Industrial

ANEXO 3



ANEXO 4





				Tolerancias	(Peso)	Material: Acero	
				Fecha	Nombre	Denominación: Ensamble de la base de la estructura	ESCALA: 1:10
				Dib. 01/05/2017	D. Calvopiña, S. Zapata		A4
				Rev. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán		
				Apro. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán		
				 Universidad Técnica de Cotopaxi		Anexo N°5	ISO E
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				Sustituye a:

4 3 2 1

F

F

E

E

D

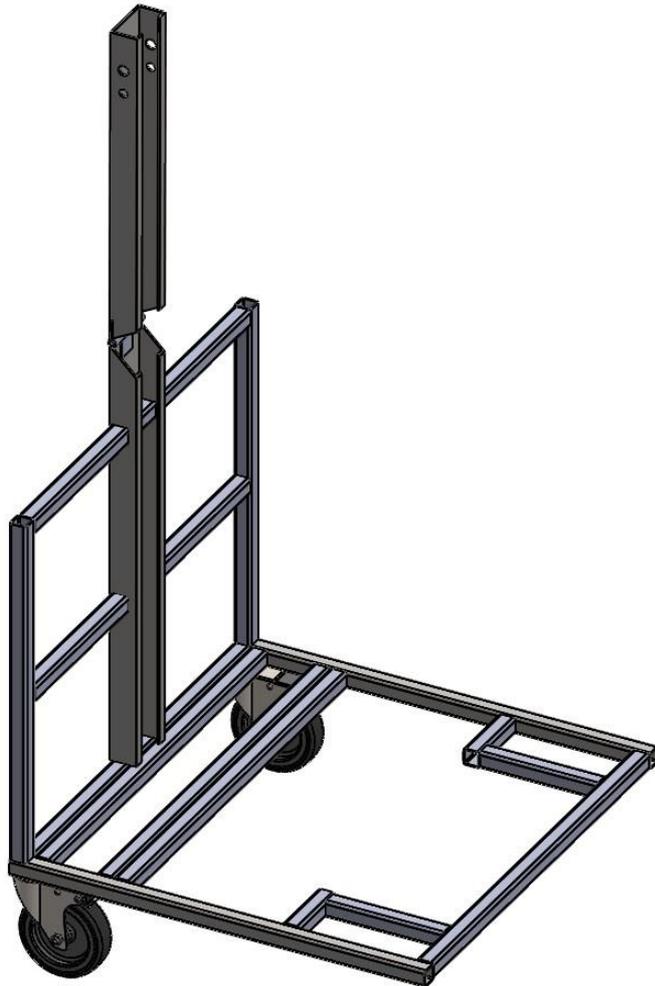
D

C

C

B

B

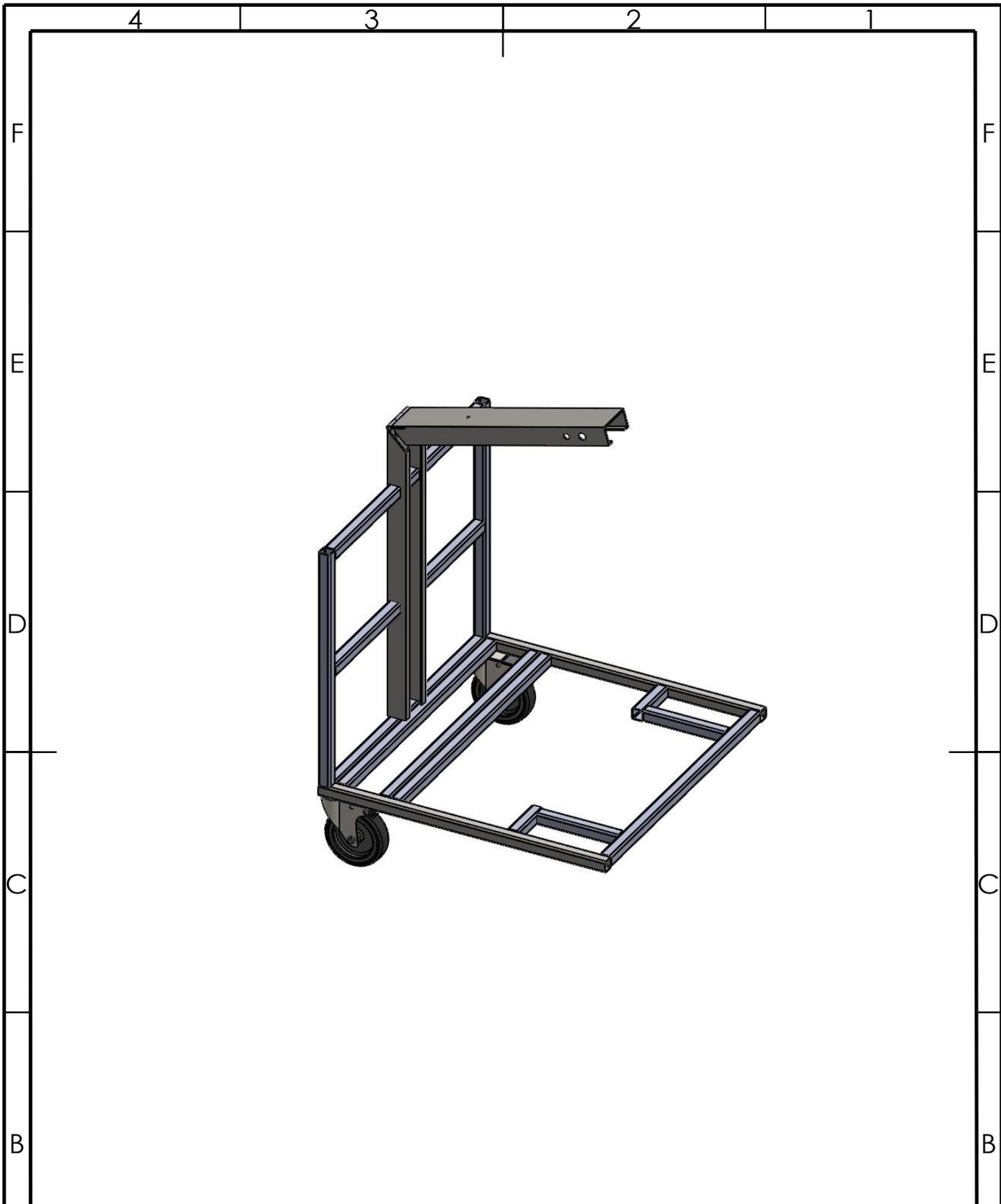


A

A

				Tolerancias	(Peso)	Material:		
				Fecha	Nombre	Denominación: Mecanismo de la parte móvil	ESCALA: 1:10	
				Dib.	01/05/2017 D. Calvopiña, S. Zapata		A4	ISO E
				Rev.	10/07/2017 Ing. Cristian Espín Beltrán			
				Apro.	10/07/2017 Ing. Cristian Espín Beltrán			
				Universidad Técnica de Cotopaxi		Anexo N° 7		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					Sustituye a:

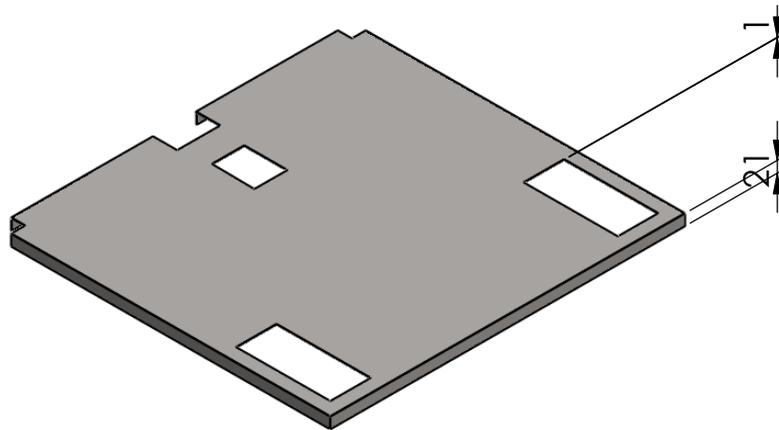
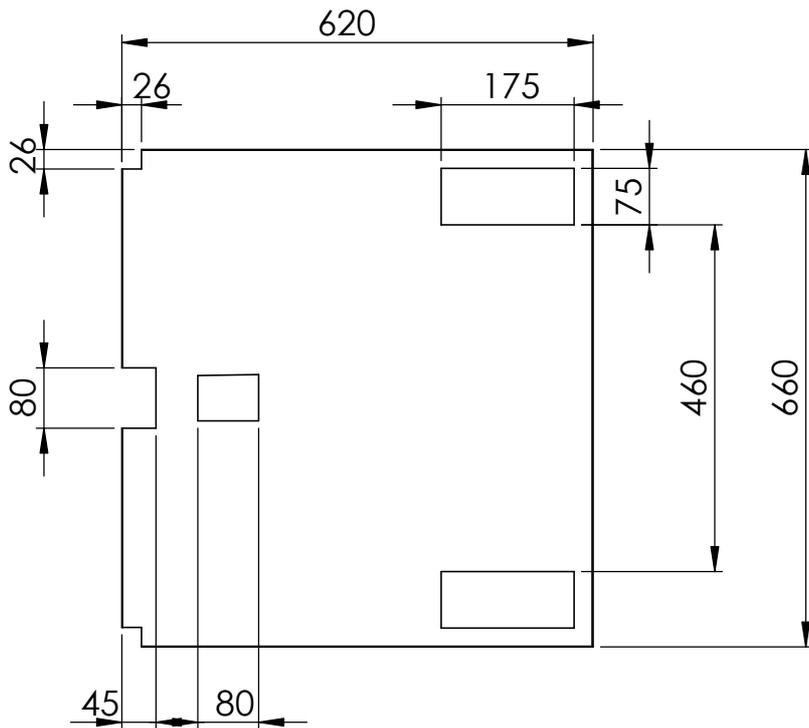
4 3 2 1



				Tolerancias	(Peso)	Material:		
				Fecha	Nombre	Denominación: Mecanismo partemóvil	ESCALA: 1:10	
				Dib.	01/05/2017		D. Calvopiña, S. Zapata	A4
				Rev.	10/07/2017		Ing. Cristian Espín Beltrán	
				Apro.	10/07/2017		Ing. Cristian Espín Beltrán	
				 Universidad Técnica de Cotopaxi		Anexo N° 9	ISO E	
							Sustituye a:	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					

ANEXO 10

PLANOS



				Tolerancias	(Peso)	Material: Tol de Acero	
				Fecha	Nombre	Denominación: Base de Tol	ESCALA: 1:10
				Dib. 01/05/2017	D. Calvopiña, S. Zapata		A4
				Rev. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán		
				Apro. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán		
				 Universidad Técnica de Cotopaxi		Plano N° 1	ISO E
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				Sustituye a:

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

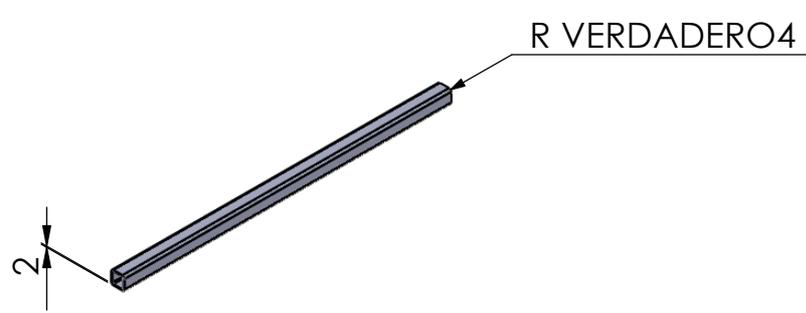
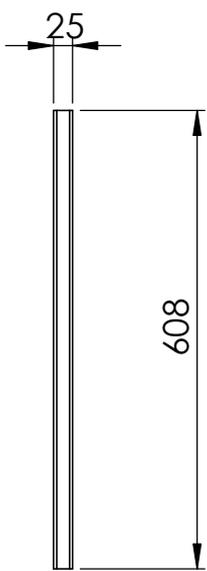
C

B

B

A

A



				Tolerancias	(Peso)	Material: Acero	
				Fecha	Nombre	Denominación: Tubo cuadrado base Y	ESCALA: 1:10
				Dib. 01/05/2017	D. Calvopiña, S. Zapata		A4
				Rev. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán		
				Apro. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán		
				 Universidad Técnica de Cotopaxi		Plano N° 2	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustituye a:	

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

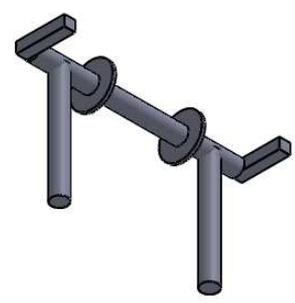
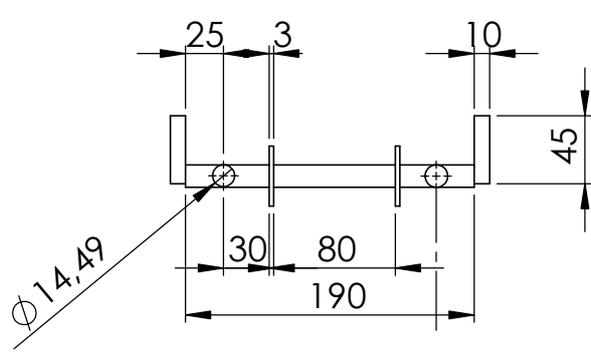
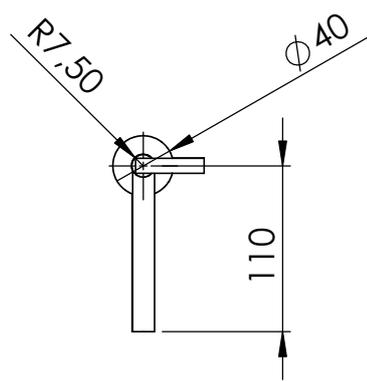
C

B

B

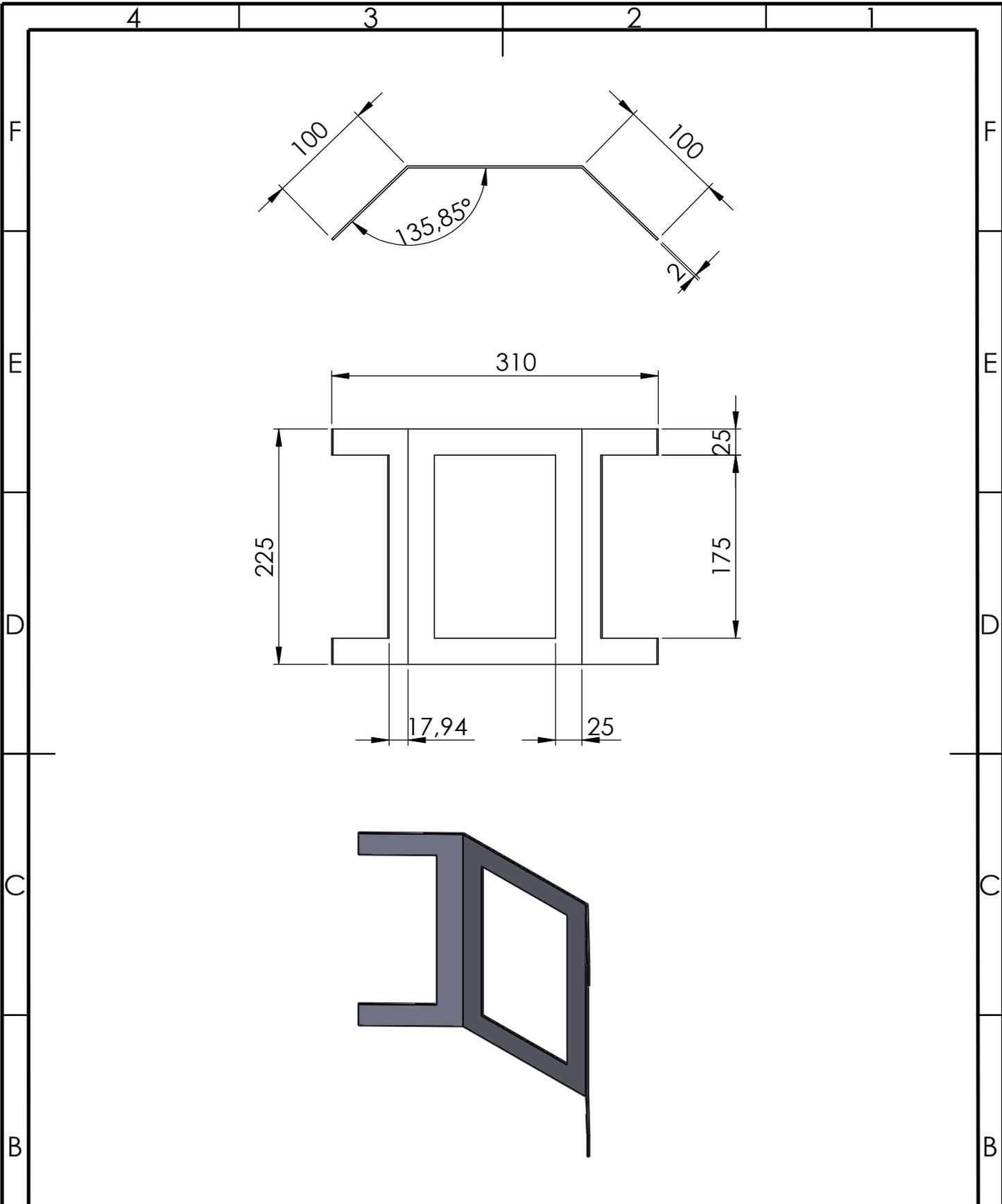
A

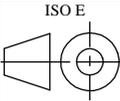
A

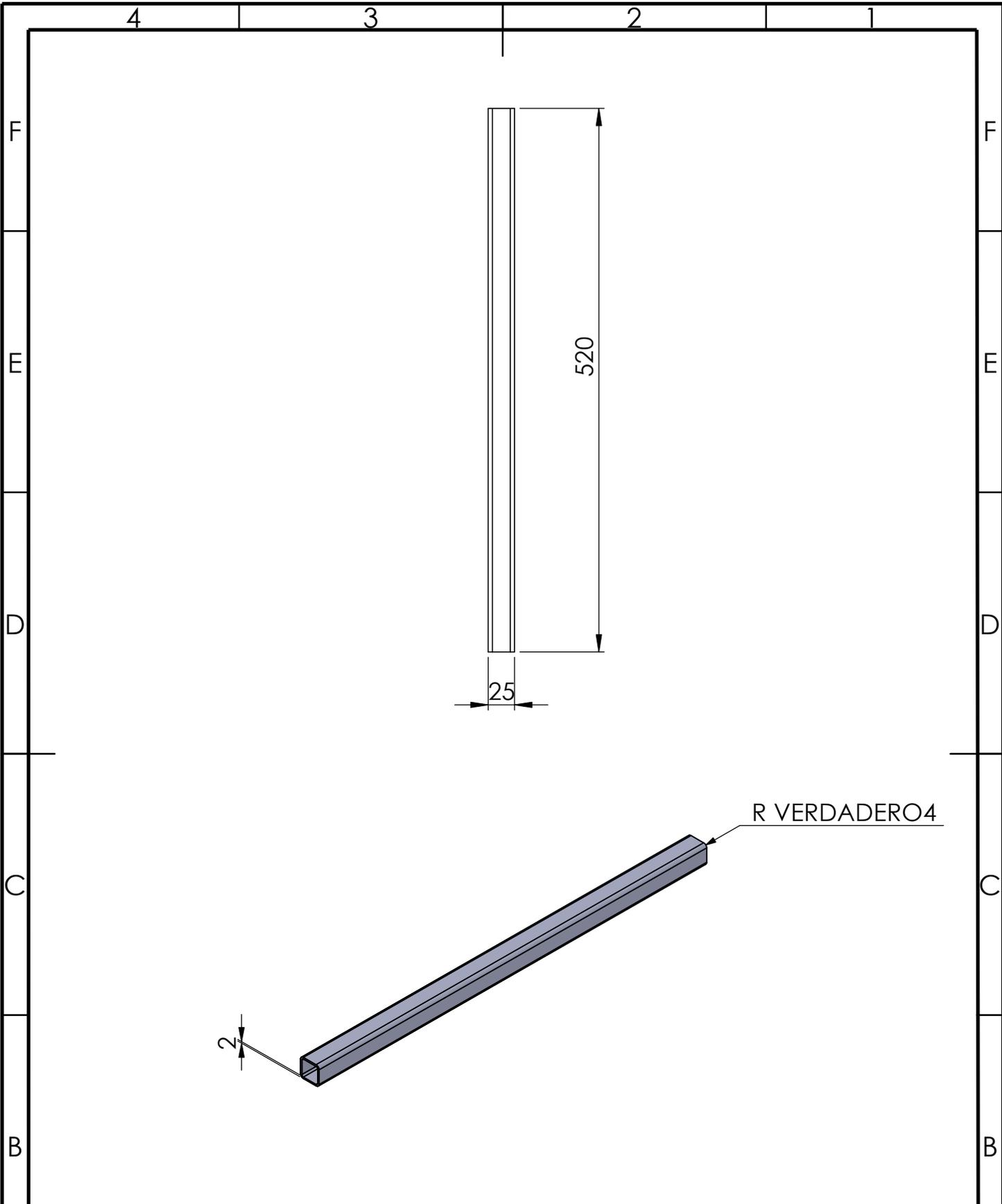


				Tolerancias	(Peso)	Material: Acero	
				Fecha	Nombre	Denominación: Sujeción del pecho	ESCALA: 1:5
				Dib. 01/05/2017	D. Calvopiña, S. Zapata		A4
				Rev. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán		
				Apro. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán		
				 Universidad Técnica de Cotopaxi		Plano N° 3	ISO E
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				Sustituye a:

4 3 2 1



				Tolerancias	(Peso)	Material: Acero	
				Fecha	Nombre	Denominación: Soporte de Pecho	ESCALA: 1:5
				Dib. 01/05/2017	D. Calvopiña, S. Zapata		A4
				Rev. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán		
				Apro. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán		
				 Universidad Técnica de Cotopaxi		Plano N° 4	ISO E
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Sustituye a:			



				Tolerancias	(Peso)	Material: Acero	
						Acero	
				Fecha	Nombre	Denominación: Tubo cuadrado base Z	ESCALA: 1:5
				Dib. 01/05/2017	D. Calvopiña, S. Zapata		A4
				Rev. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán		
				Apro. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán		
				 Universidad Técnica de Cotopaxi		Plano N° 5	ISO E
							Sustituye a:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

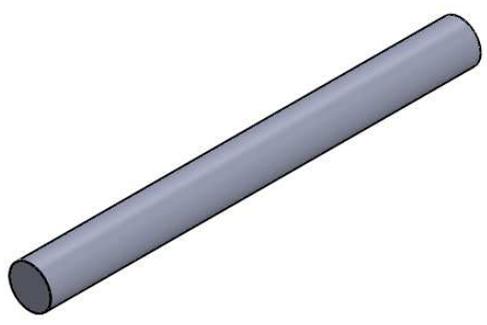
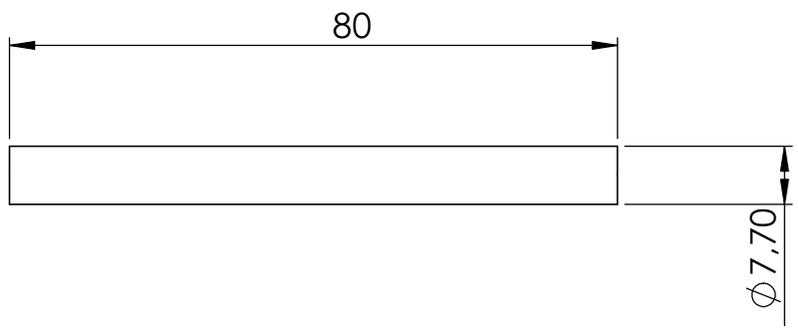
C

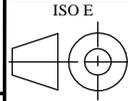
B

B

A

A



				Tolerancias	(Peso)	Material: Acero		
				Fecha	Nombre	Denominación: Pasador de visagra	ESCALA: 1:1	
				Dib.	01/05/2017		D. Calvopiña, S. Zapata	A4
				Rev.	10/07/2017		Ing. Cristian Espín Beltrán	
				Apro.	10/07/2017		Ing. Cristian Espín Beltrán	
				 Universidad Técnica de Cotopaxi		Plano N° 6	ISO E	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				Sustituye a:	

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

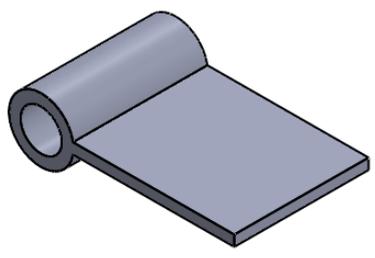
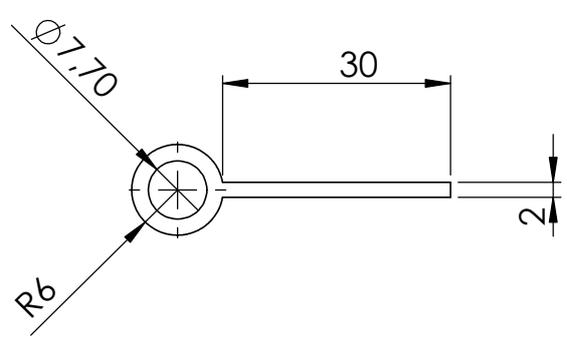
D

C

C

B

B



A

A

				Tolerancias	(Peso)	Material: Acero	
				Fecha	Nombre	Denominación: Visagra 1	ESCALA: 1:1
				Dib. 01/05/2017	D. Calvopiña, S. Zapata		A4
				Rev. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán		
				Apro. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán		
				 Universidad Técnica de Cotopaxi		Plano N° 7	ISO E
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				Sustituye a:

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

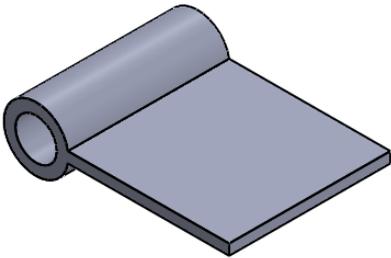
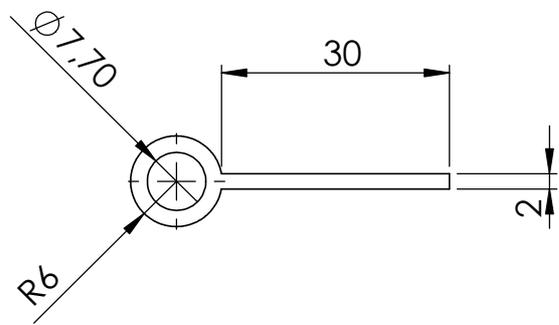
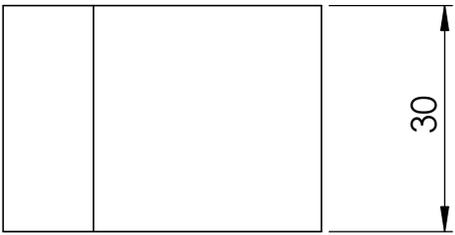
D

C

C

B

B

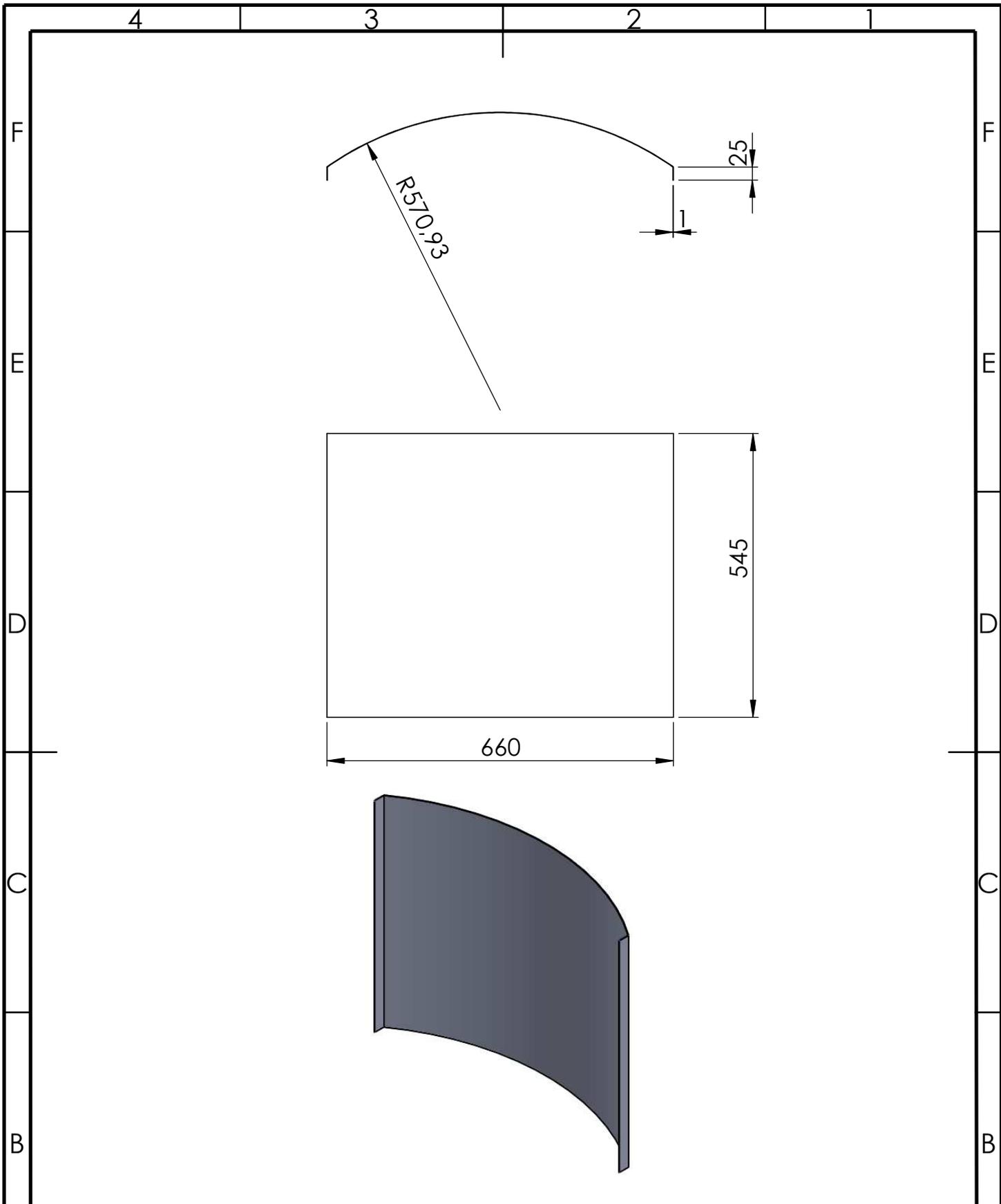


A

A

				Tolerancias	(Peso)	Material: Acero	
				Fecha	Nombre	Denominación: Visagra 2	ESCALA: 1:1
				Dib. 01/05/2017	D. Calvopiña, S. Zapata		A4
				Rev. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán		
				Apro. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán		
				 Universidad Técnica de Cotopaxi		Plano N° 8	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustituye a:	

4 3 2 1



				Tolerancias	(Peso)	Material: Tol de Acero	
				Fecha	Nombre	Denominación: Tol Frontal	ESCALA: 1:10
				Dib.	01/05/2017 D. Calvopiña, S. Zapata		A4
				Rev.	10/07/2017 Ing. Cristian Espín Beltrán		
				Apro.	10/07/2017 Ing. Cristian Espín Beltrán		
				 Universidad Técnica de Cotopaxi		Plano N° 9	
						Sustituye a:	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

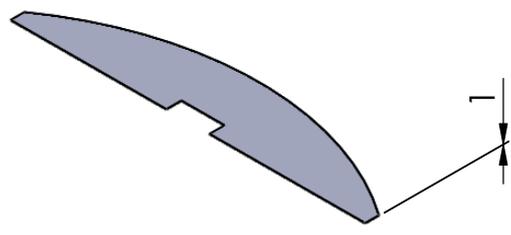
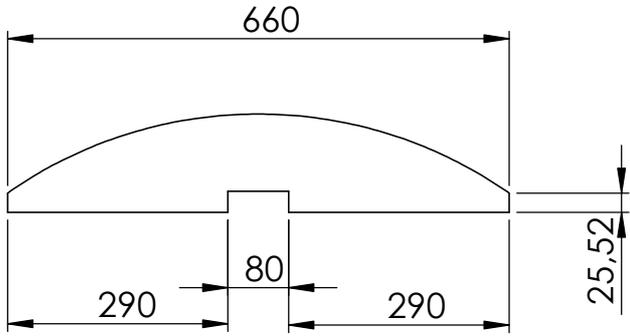
C

B

B

A

A



				Tolerancias	(Peso)	Material: Tol de Acero	
				Fecha	Nombre	Denominación: Tol Superior	ESCALA: 1:10
				Dib. 01/05/2017	D. Calvopiña, S. Zapata		A4
				Rev. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán		
				Apro. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán	Plano N° 10	ISO E
				 Universidad Técnica de Cotopaxi			Sustituye a:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

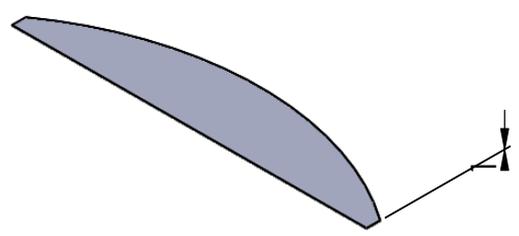
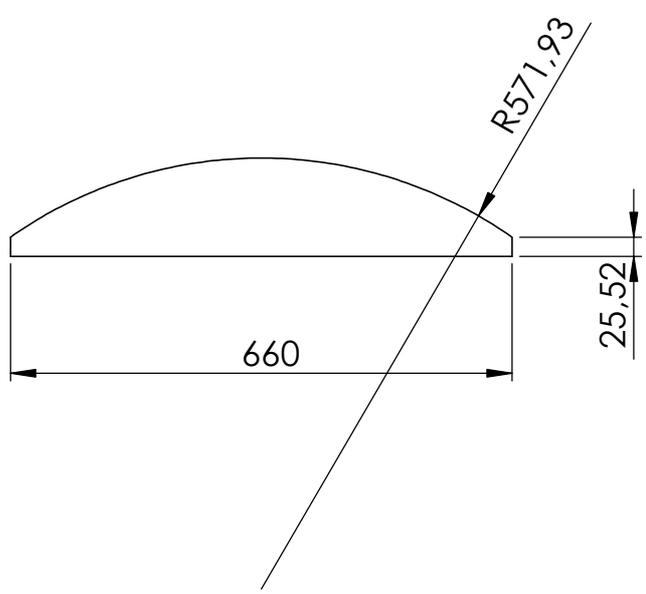
D

C

C

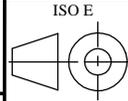
B

B

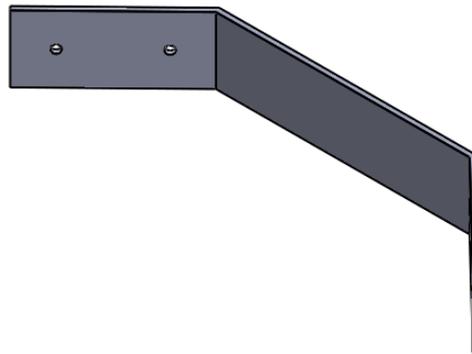
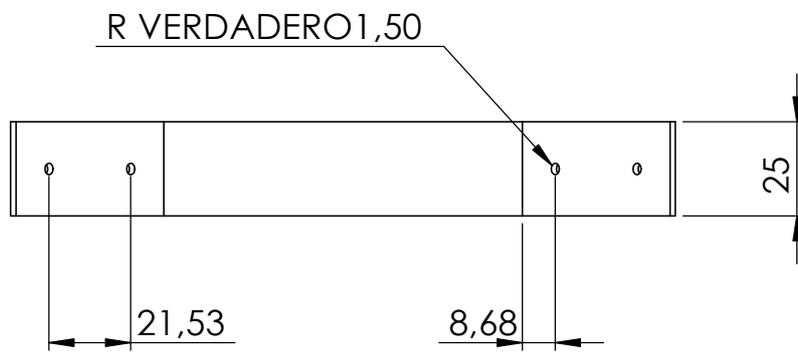
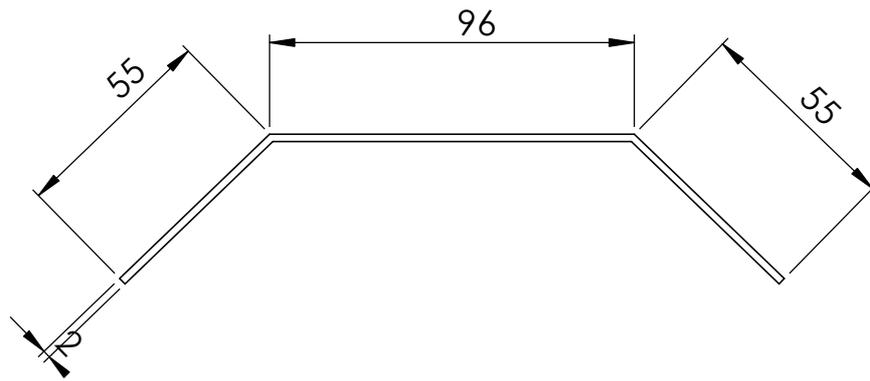


A

A

				Tolerancias	(Peso)	Material: Tol de Acero	
				Fecha	Nombre	Denominación: Tol Inferior	ESCALA: 1:10
				Dib.	01/05/2017 D. Calvopiña, S. Zapata		A4
				Rev.	10/07/2017 Ing. Cristian Espín Beltrán		
				Apro.	10/07/2017 Ing. Cristian Espín Beltrán		
				 Universidad Técnica de Cotopaxi		Plano N° 11	
Edición						Sustituye a:	
							

4 3 2 1

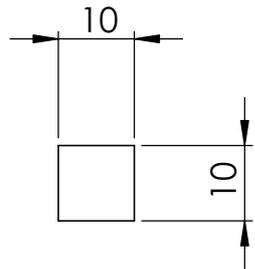


				Tolerancias	(Peso)	Material: Acero	
				Fecha	Nombre	Denominación: Soporte de pierna base	ESCALA: 1:2
				Dib. 01/05/2017	D. Calvopiña, S. Zapata		A4
				Rev. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán		
				Apro. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán		
				 Universidad Técnica de Cotopaxi		Plano N° 12	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustituye a:	

4 3 2 1

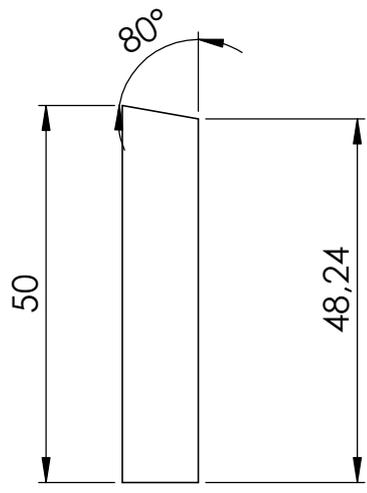
F

F



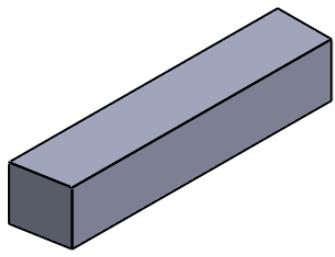
E

E



D

D



C

C

B

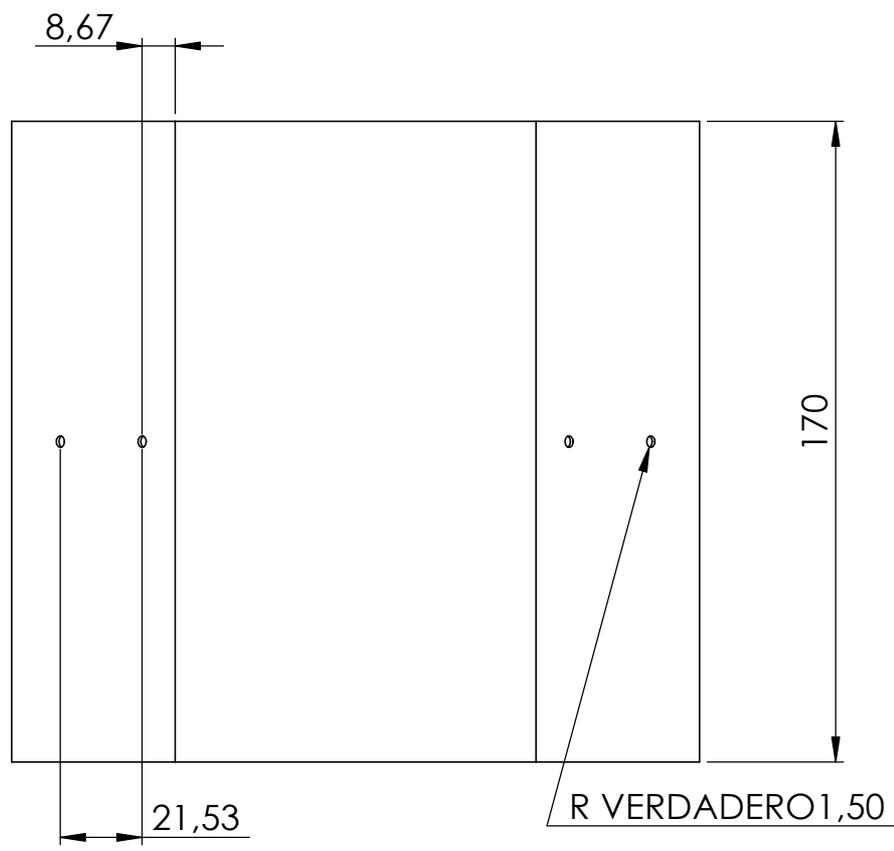
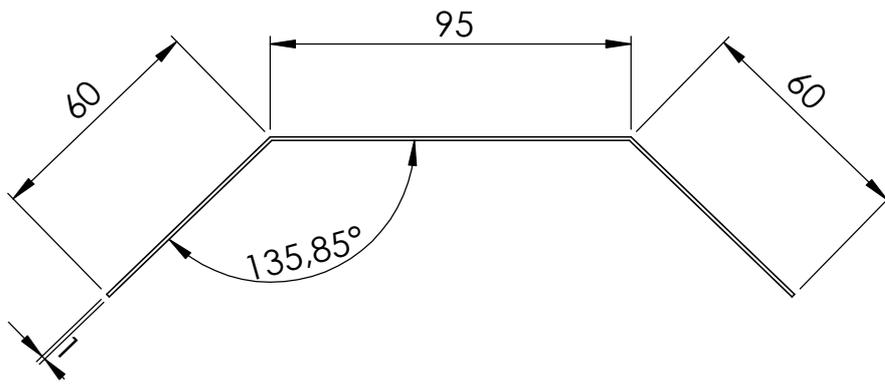
B

A

A

				Tolerancias	(Peso)	Material: Acero	
				Fecha	Nombre	Denominación: Sujeción cuadrada soporte de pie	ESCALA: 1:1
				Dib. 01/05/2017	D. Calvopiña, S. Zapata		A4
				Rev. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán		
				Apro. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán	ISO E	
				 Universidad Técnica de Cotopaxi		Plano N° 13	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustituye a:	

4 3 2 1



				Tolerancias	(Peso)	Material: Tol de Acero	
				Fecha	Nombre	Denominación: Tol de soporte de pierna	ESCALA: 1:2
				Dib. 01/05/2017	D. Calvopiña, S. Zapata		A4
				Rev. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán		
				Apro. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán	ISO E	
				 Universidad Técnica de Cotopaxi		Plano N° 14	
						Sustituye a:	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

4 3 2 1

F

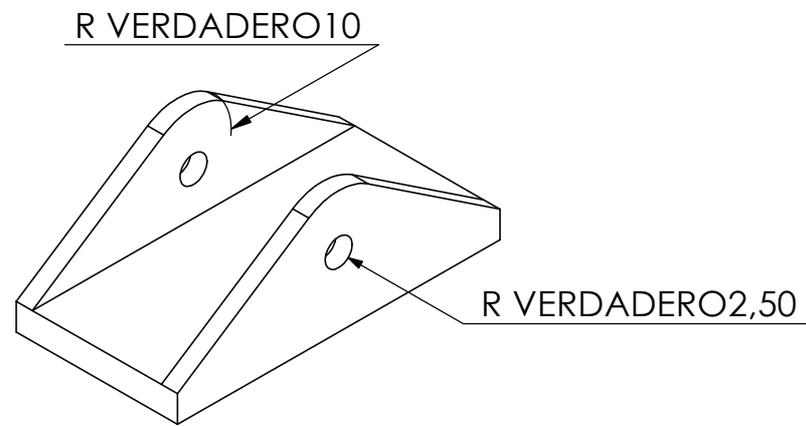
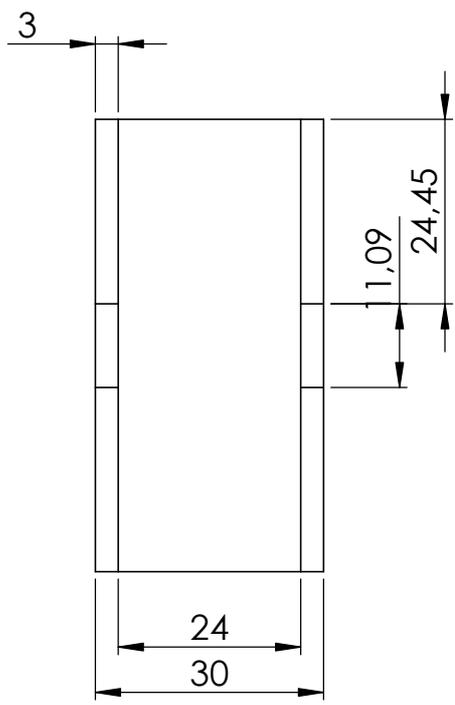
E

D

C

B

A



				Tolerancias	(Peso)	Material: Acero	
				Fecha	Nombre	Denominación: Soporte del actuador lineal	ESCALA: 1:1
				Dib. 01/05/2017	D. Calvopiña, S. Zapata		A4
				Rev. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán		
				Apro. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán		
				 Universidad Técnica de Cotopaxi		Plano N° 20	ISO E
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				Sustituye a:

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

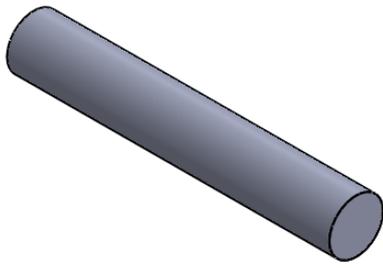
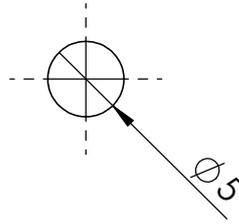
D

C

C

B

B



A

A

				Tolerancias	(Peso)	Material: Acero		
						Acero		
				Fecha	Nombre	Denominación: Pasador de actuador	ESCALA: 2:1	
				Dib. 01/05/2017	D. Calvopiña, S. Zapata		A4	ISO E
				Rev. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán			
				Apro. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán			
				 Universidad Técnica de Cotopaxi		Plano N° 21		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Sustituye a:		

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

D

C

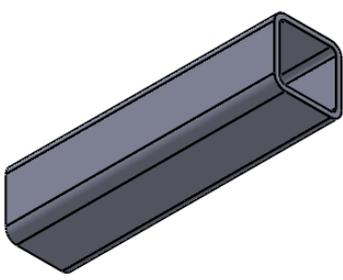
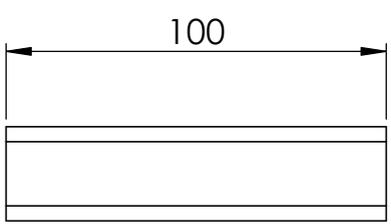
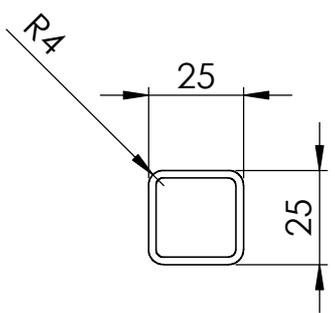
C

B

B

A

A



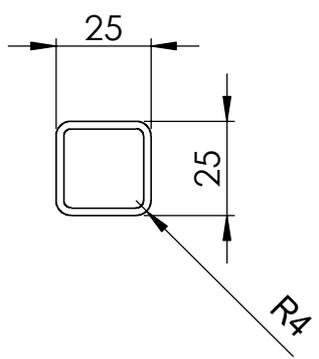
				Tolerancias	(Peso)	Material: Acero	
				Fecha	Nombre	Denominación: Tubo cuadrado de 100 mm	ESCALA: 1:2
				Dib. 01/05/2017	D. Calvopiña, S. Zapata		A4
				Rev. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán		
				Apro. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán	Plano N° 22	ISO E
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	 Universidad Técnica de Cotopaxi			Sustituye a:

4 3 2 1

4 3 2 1

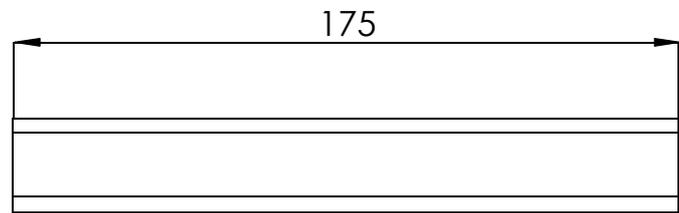
F

F



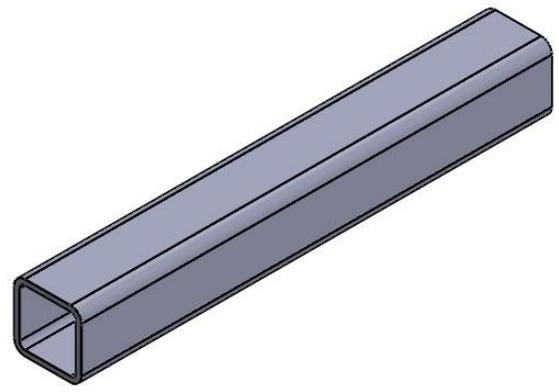
E

E



D

D

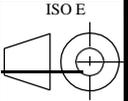


C

C

B

B

				Tolerancias	(Peso)	Material: Acero		
				Fecha	Nombre	Denominación: Tubo cuadrado de 175 mm	ESCALA: 1:2	
				Dib.	01/05/2017 D. Calvopiña, S. Zapata		A4	ISO E
				Rev.	10/07/2017 Ing. Cristian Espín Beltrán			
				Apro.	10/07/2017 Ing. Cristian Espín Beltrán			
				 Universidad Técnica de Cotopaxi		Plano N° 23		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre					Sustituye a:

A

A

4 3 2 1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

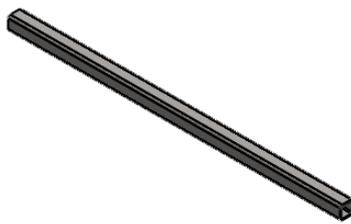
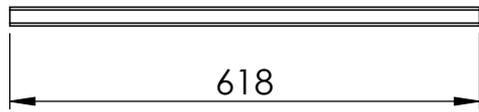
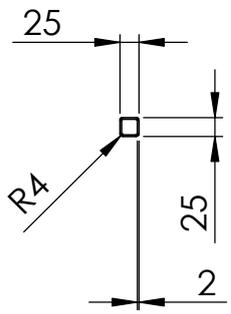
D

C

C

B

B

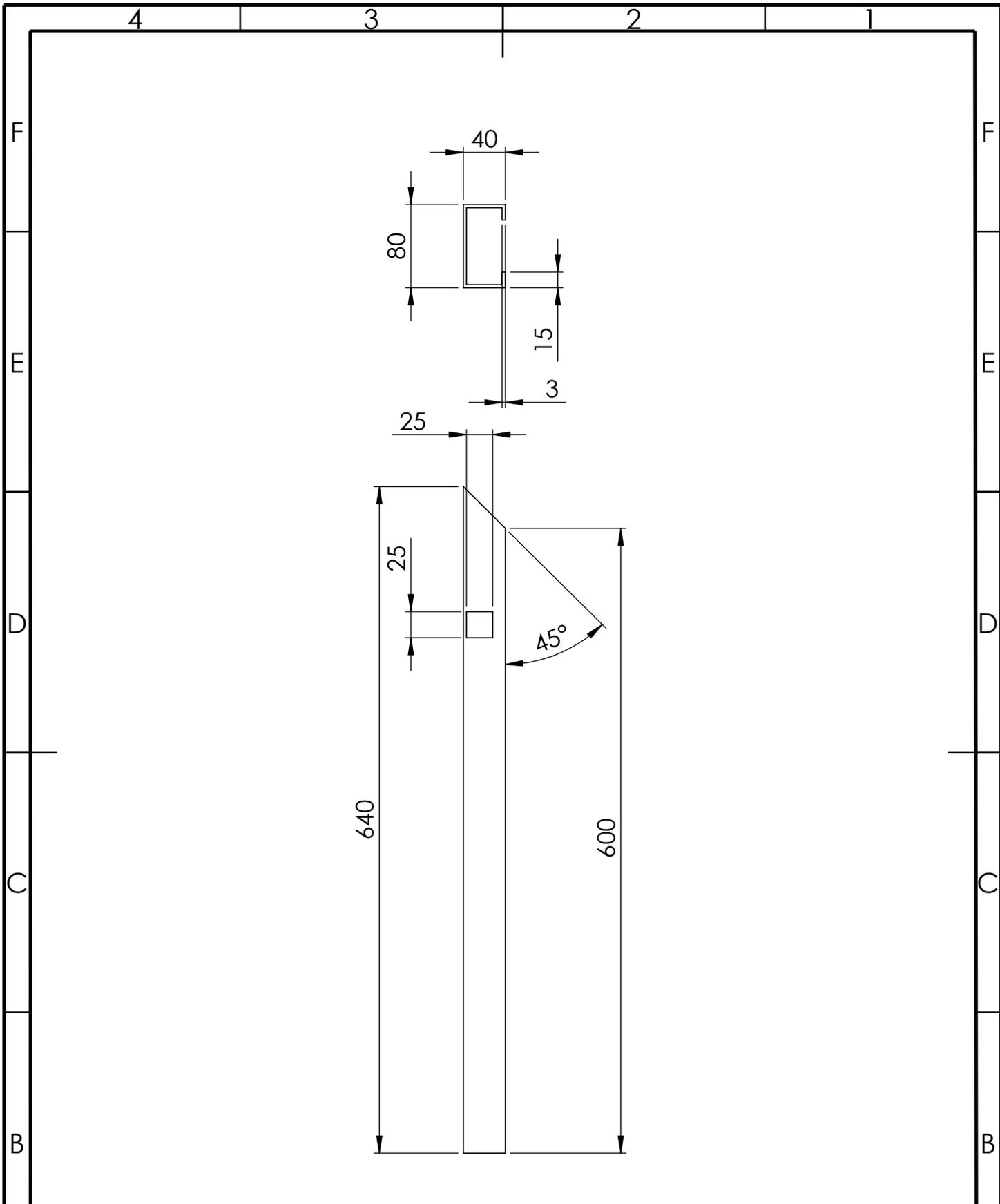


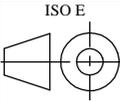
A

A

				Tolerancias	(Peso)	Material: Acero		
						Denominación: Tubo cuadrado base x	ESCALA: 1:10	
				Fecha	Nombre		A4	ISO E
				Dib. 01/05/2017	D. Calvopiña, S. Zapata			
				Rev. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán			
				Apro. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán	Plano N° 24		
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	Universidad Técnica de Cotopaxi				Sustituye a:

4 3 2 1

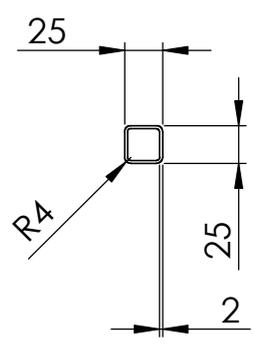


				Tolerancias	(Peso)	Material: Acero		
				Fecha	Nombre	Denominación: Perfil estructural de 640 mm	ESCALA: 1:5	
				Dib.	01/05/2017		D. Calvopiña, S. Zapata	A4
				Rev.	10/07/2017		Ing. Cristian Espín Beltrán	
				Apro.	10/07/2017		Ing. Cristian Espín Beltrán	
				 Universidad Técnica de Cotopaxi		Plano N° 25	ISO E	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				Sustituye a:	

4 3 2 1

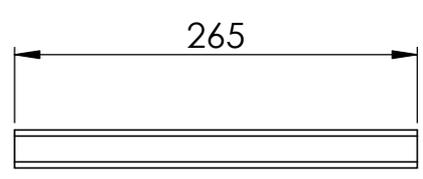
F

F



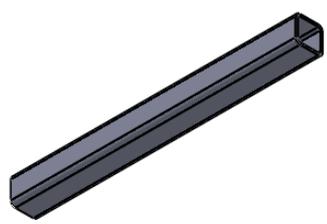
E

E



D

D



C

C

B

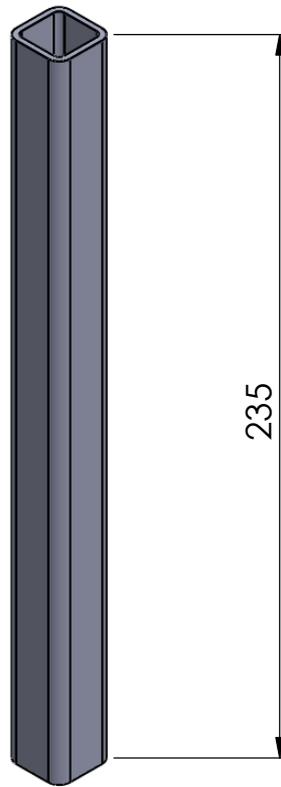
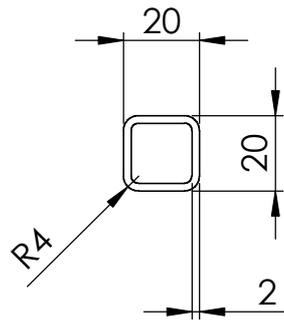
B

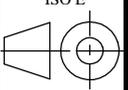
A

A

				Tolerancias	(Peso)	Material: Acero	
						Denominación: Tubo cuadrado de 265 mm	ESCALA: 1:5
				Fecha	Nombre		A4
				Dib. 01/05/2017	D. Calvopiña, S. Zapata		
				Rev. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán		
				Apro. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán		
				 Universidad Técnica de Cotopaxi		Plano N° 26	ISO E
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				Sustituye a:

4 3 2 1



				Tolerancias	(Peso)	Material: Acero		
				Fecha	Nombre	Denominación: Tubo cuadrado 20 x 20 x 2	ESCALA: 1:2	
				Dib.	01/05/2017		D. Calvopiña, S. Zapata	A4
				Rev.	10/07/2017		Ing. Cristian Espín Beltrán	
				Apro.	10/07/2017		Ing. Cristian Espín Beltrán	
				 Universidad Técnica de Cotopaxi		Plano N° 27	ISO E	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				Sustituye a:	

4 3 2 1

F

F

E

E

D

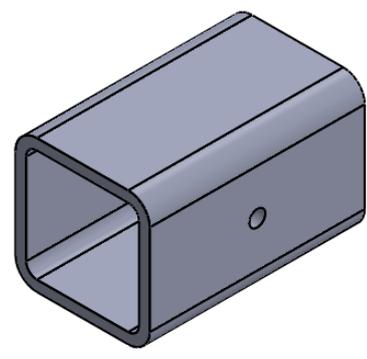
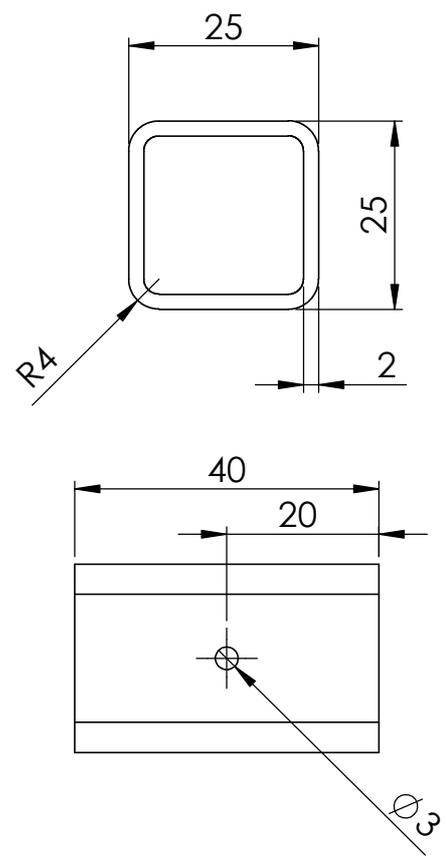
D

C

C

B

B



A

A

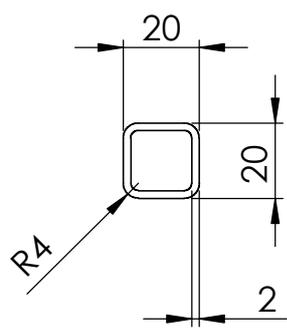
				Tolerancias	(Peso)	Material: Acero	
				Fecha	Nombre	Denominación: Tubo cuadrado 25 x 25 x 40 mm	ESCALA: 1:1
				Dib. 01/05/2017	D. Calvopiña, S. Zapata		A4
				Rev. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán		
				Apro. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán	Plano N° 28	ISO E
Edición	Modificación	Fecha	Nombre	 Universidad Técnica de Cotopaxi			Sustituye a:

4 3 2 1

4 3 2 1

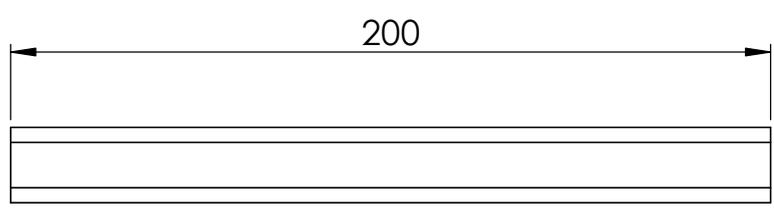
F

F



E

E



D

D



C

C

B

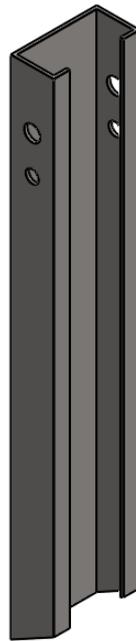
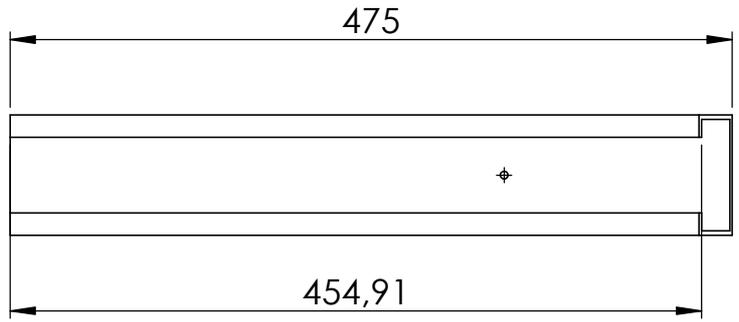
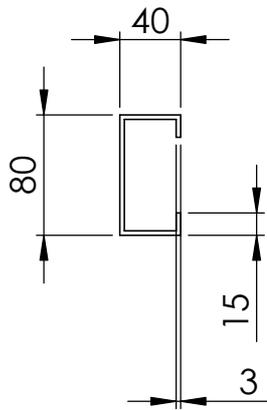
B

A

A

				Tolerancias	(Peso)	Material: Acero	
						Denominación: Tubo cuadrado soporte de pierna 20 x 20 x 200 mm	ESCALA: 1:2
				Fecha	Nombre		A4
				Dib. 01/05/2017	D. Calvopiña, S. Zapata		
				Rev. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán		
				Apro. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán		
				 Universidad Técnica de Cotopaxi		Plano N° 29	ISO E
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				Sustituye a:

4 3 2 1



				Tolerancias	(Peso)	Material: Acero	
				Fecha	Nombre	Denominación: Perfil estructural de 475 mm	ESCALA: 1:5
				Dib. 01/05/2017	D. Calvopiña, S. Zapata		A4
				Rev. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán		
				Apro. 10/07/2017	Ing. Cristian Espín Beltrán	Plano N° 30	ISO E
				 Universidad Técnica de Cotopaxi			Sustituye a:
Edición	Modificación	Fecha	Nombre				

ANEXO 11



El ANEXO 11 detalla la construcción del dispositivo manual.

ANEXO 12

PERFILES ESTRUCTURALES

CARACTERÍSTICAS GENERALES:

Norma: NTE INEN 1623

Límite de fluencia (mínimo)

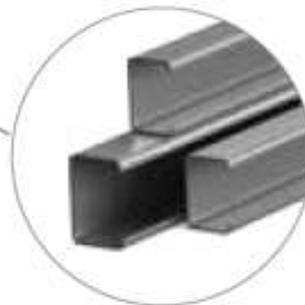
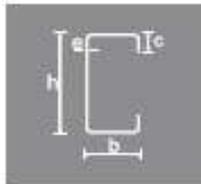
$f_y = 2400 \text{ kg/cm}^2$

Longitud de

Entrega: 6 metros, otras longitudes bajo pedido

Tolerancia: Longitud + 40mm - 0 mm (para perfiles de 6 m de longitud)

• 1 Correas

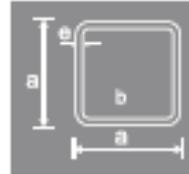


Denominación	Dimensiones				Peso		Área
	h	b	c	e	kg/m	kg/6m	
	mm	mm	mm	mm			cm ²
CG	60	30	10	1,50	1,49	8,96	1,82
CG	60	30	10	2,00	1,92	11,94	2,44
CG	80	40	15	1,50	2,09	12,56	2,52
CG	80	40	15	2,00	2,78	16,66	3,54
CG	80	40	15	3,00	4,01	24,06	5,11
CG	100	50	15	2,00	3,41	20,43	4,34
CG	100	50	15	3,00	4,95	29,71	6,31
CG	125	50	15	2,00	3,80	22,80	4,84
CG	125	50	15	3,00	5,54	33,24	7,06
CG	150	50	15	2,00	4,19	25,14	5,34
CG	150	50	15	3,00	6,13	36,78	7,81
CG	200	50	15	2,00	4,98	29,85	6,34
CG	200	50	15	3,00	7,31	43,84	9,31

ANEXO 13

TUBO CUADRADO

• 2 Tubos Cuadrados



Denominación		Espesor e	Peso	
a	a		p	p
	mm	mm	kg/m	kg/6m
¾	20	1,50	0,88	5,26
1	25	1,50	1,13	6,78
		2,00	1,48	8,90
1¼	30	1,50	1,37	8,20
		2,00	1,80	10,79
1½	37	1,50	1,72	10,32
		2,00	2,27	13,62
		3,00	3,22	19,33
2	50	1,50	2,32	13,93
		2,00	3,13	18,75
		3,00	4,62	27,69
2¾	60	2,00	3,74	22,42
		3,00	5,56	33,35
3	75	2,00	4,65	27,88
		3,00	6,88	41,26
		4,00	9,11	54,64
4	100	2,00	6,22	37,30
		3,00	9,26	55,53
		4,00	12,28	73,66