TESIS PUCP

ANEXO 1

- Matriz Morfológica
- Presentación de Conceptos
- Análisis Técnico-Económico de conceptos

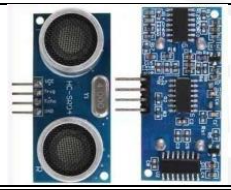
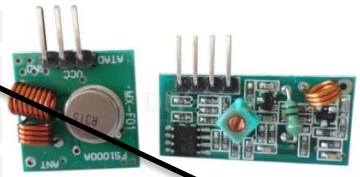
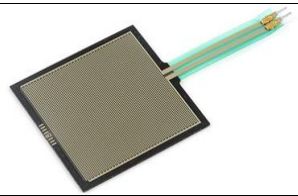
Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS PUCP

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

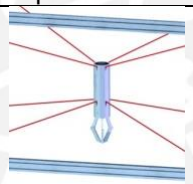
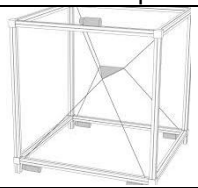
MATRIZ MORFOLÓGICA

Tabla 1. Alternativas de dispositivos empleados en el desarrollo de las funciones del sistema mecatrónico

FUNCION	ALTERNATIVA 1	ALTERNATIVA 2	ALTERNATIVA 3	ALTERNATIVA 4
COMUNICAR USUARIO - SISTEMA	*Tablet*	*Smartphone*	Mando multieje	Manipulación manual
UBICAR OBJETOS	Sensores: ultrasónico/ láser 	Kinect	2 cámaras: Superior y lateral	Cámara estereoscópica
ENVÍAR SEÑAL	Módulo *bluetooth*	Modulo RF 315 Mhz 	XBEE	Módulo Wifi Shield
ASEGURAR AL OPERARIO	Gatillo o Botón	Sensor resistivo 	Pantalla Touch Screen	

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS PUCP

ACCIONAR GRUA	Motor AC	Motor DC	Servomotor	
CONTROLAR SISTEMA	Arduino	PIC	Atmega	
ENERGIZAR SISTEMA	Corriente de 220 V	Bateria recargable		
SUJETAR MANIPULADOR	Cable de Acero	Cuerda AMSTEEL BLUE		
SOSTENER CARGA	Manipulador en cruz	Manipulador vertical	Manipulador con plataforma	
				
SUJETAR OBJETO	Pinza o gripper neumático	Brida	Gancho	

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS PUCP

A continuación, se presenta una breve descripción acerca de las alternativas que se plantean en la *Tabla 1*, orientadas al desarrollo de alguna de las funciones definidas en el cuadro predecesor:

- **Comunicar**:

  Se busca que la interacción usuario-máquina sea amigable y de fácil uso, motivo por el cual se plantean tecnologías ya existentes como la *tablet*, *smartphone*, mando multieje (joystick); tecnologías que son bastante conocidas por la población actual.

- **Ubicar objetos**:

  Para la ubicación de los cuatro soportes del diseño propuesto y el manipulador a lo largo del espacio de trabajo, se propone sensores ultrasónicos para el cálculo de distancias entre los soportes, manipulador y objetos existentes. Como segunda opción, se encuentran tres tipos de cámaras: Kinect, que permite el uso de profundidades entre los objetos; cámaras simples dispuestas una de modo lateral y otra en una ubicación superior para una visión en dos perspectivas distintas. Finalmente, la cámara estereoscópica que permite la vista en 3D de todo el espacio.

- **Seguridad:**

  En caso sea manual, se plantea el empleo de un botón o gatillo mientras se manipule el efector final, la siguiente propuesta hace referencia al uso de un sensor capacitivo en la superficie del efector, el cual se activa al ser tocado por el usuario. En caso de usar una *tablet* o *smartphone*, la pantalla táctil asegura el deseo del usuario por efectuar el movimiento, es decir el uso de la *tablet* puede ser condicionado a un tiempo de contacto mínimo para escoger una opción.

- **Energizar:**

  La posibilidad de utilizar baterías en caso de emplear el sistema en exteriores o mantenerlo siempre conectado a la línea eléctrica.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

- **Sujetar:**

  Para el medio de sujeción entre el manipulador y los soportes se plantea el uso de algún elemento resistente a tracción e inextensibles para manipular el efector final. Para ello se propone dos opciones: cabos para tendido de línea (marca Amsteel blue) con flexibilidad que le da resistencia a la fatiga, presenta un mínimo de elongación y es ligera, se propone el diámetro de 3/16″. Como segunda opción, se presenta el cable de acero con alma de fibra porque tiene mayor flexibilidad, con un diámetro de 1/8″.

- **Manipular:**

  El punto de intersección de los cables recae en una estructura que sea capaz de sostener el efector final sin tambalear durante el traslado del objeto, para ello se plantea el uso de una plataforma cuadrada plana sobre la cual se instalará dicho efector, la segunda opción es un manipulador largo vertical sostenido por los cables en un extremo. La última opción está representada por dos elementos en forma de cruz y en la intersección se ubicaría el efector final.

- **Sujetar Objeto:**

  El elemento que tendrá contacto directo con la carga a elevar podría ser un gancho común, un *gripper* neumático o una brida para instalar el efector final de acuerdo a las necesidades (tipo de objeto que generalmente se moviliza en el taller o lugar de empleo del sistema).

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS PUCP

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

DESARROLLO DE CONCEPTOS

Las alternativas planteadas en el cuadro morfológico y en el desarrollo de conceptos se centra en la definición de funciones relacionadas con el modo de manipular el efector final, el cual requiere mayor atención en el planteamiento de posibles soluciones ya que se encuentra en contacto directo con el usuario quien juzga de acuerdo a la facilidad de uso y efectividad con la que se desarrolla el objetivo de movilizar los objetos.

En relación a las alternativas mecánicas, se ha decido utilizar el mismo mecanismo para cualquiera de los conceptos planteados a continuación, debido a la viabilidad y eficiencia. Éste será descrito en el concepto solución escogido en líneas posteriores.

4.1. Concepto 1

Mediante el uso de una interfaz como la *Tablet*, la cual muestra la posición de los cables, los cuatro soportes y el manipulador, el usuario ingresa la ubicación final de efector con un toque en la pantalla. Mediante el uso de sensores ultrasónicos y láser se evitan colisiones con otros objetos, se logra mostrar la distancia entre soportes y su longitud aproximada en la aplicación de Tablet como es mostrada en la Figura 1 y Figura 2. Se podría agregar una opción de “Sintonía fina” en la aplicación para ser más exacta la posición final del efector.

Para el envío de señales desde los sensores hacia el controlador se emplearía el módulo de *bluetooth*, de igual modo sucedería con las señales que llegan a la *Tablet* desde el controlador.

Los actuadores que controlan la longitud del cable y, por tanto, el movimiento del efector, sería un motor DC. Para el tema de seguridad, la *Tablet* es un buen elemento ya que solo se realizaría el movimiento siempre que el usuario mantenga contacto con la pantalla hasta la posición final deseada.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS PUCP

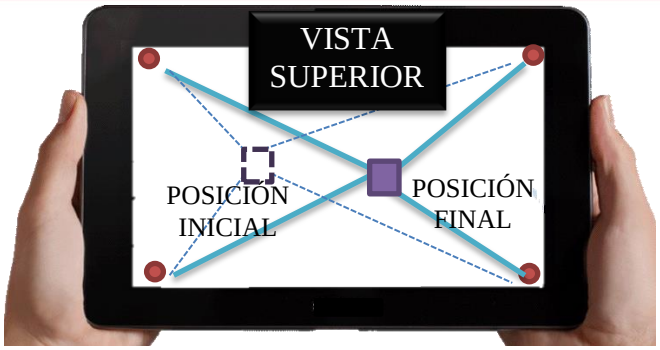


Figura 1. Vista superior del sistema instalado.

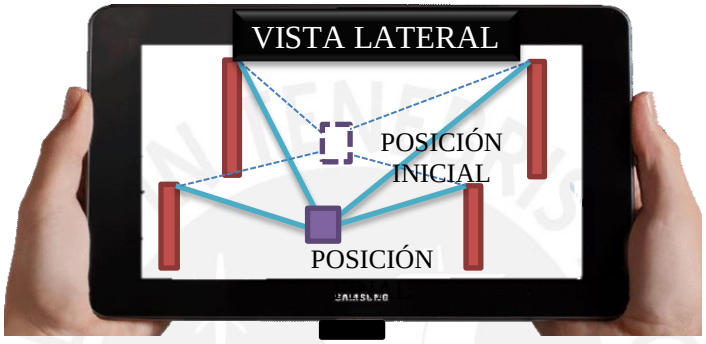


Figura 2. Vista lateral del sistema instalado.

Como se muestra en la Figura 3 los soportes son cuatro y llegan desde el piso hasta el techo, ejerciendo presión en ambas superficies de contacto, evitando volcaduras. Con esta configuración se busca usar el menor espacio posible.

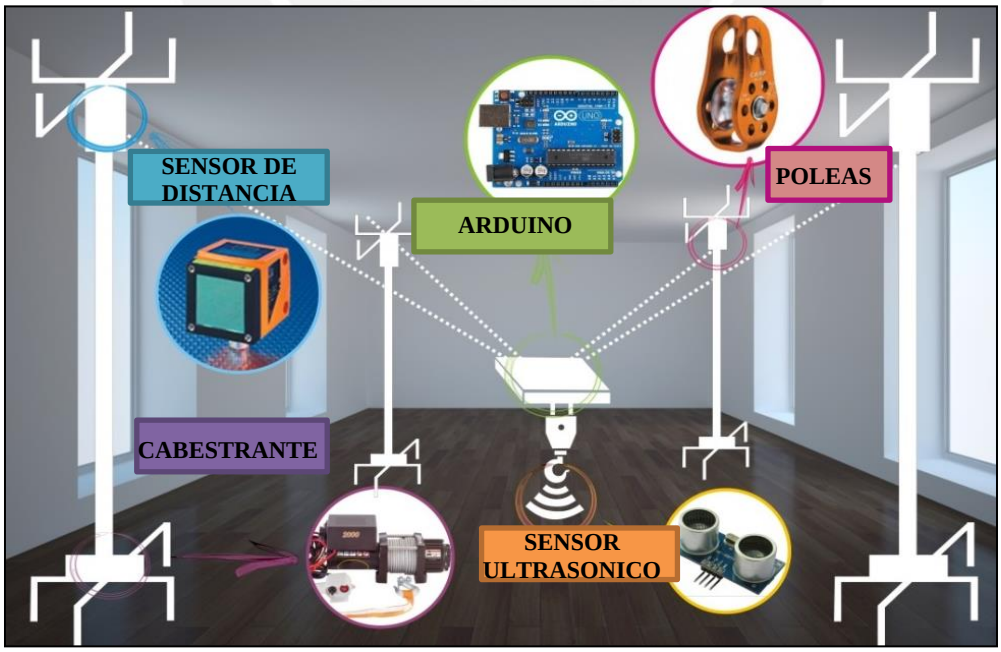


Figura 3. Sistema completo instalado y ubicación de elementos.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS PUCP

4.2. Concepto 2

Con ayuda de cámaras (Kinect, cámaras ubicadas lateralmente o estereoscópica) y una aplicación de *Tablet* o *Smartphone* ver la ubicación de las cosas en la zona de trabajo en tiempo real y, en forma remarcada, la posición de los cables, soportes y manipulador, con la finalidad de indicar la posición final del efector con una aproximación más exacta, debido a que se puede visualizar todo el área de trabajo como en el ejemplo mostrado en la Figura 4. La aplicación podría incluir detección de objetos y manipulación de la vista en 3D que facilite la posición exacta hacia donde se quiera llevar el objeto. A diferencia del modelo anterior, los soportes son una caja con los mecanismos y cabestrantes desde el cual sale los cables, ésta debe ser atornillada a las paredes según el espacio que se disponga de acuerdo a la imagen de la Figura 5.

Figura 4. Aplicación en Tablet del sistema instalado. Fuente Propia

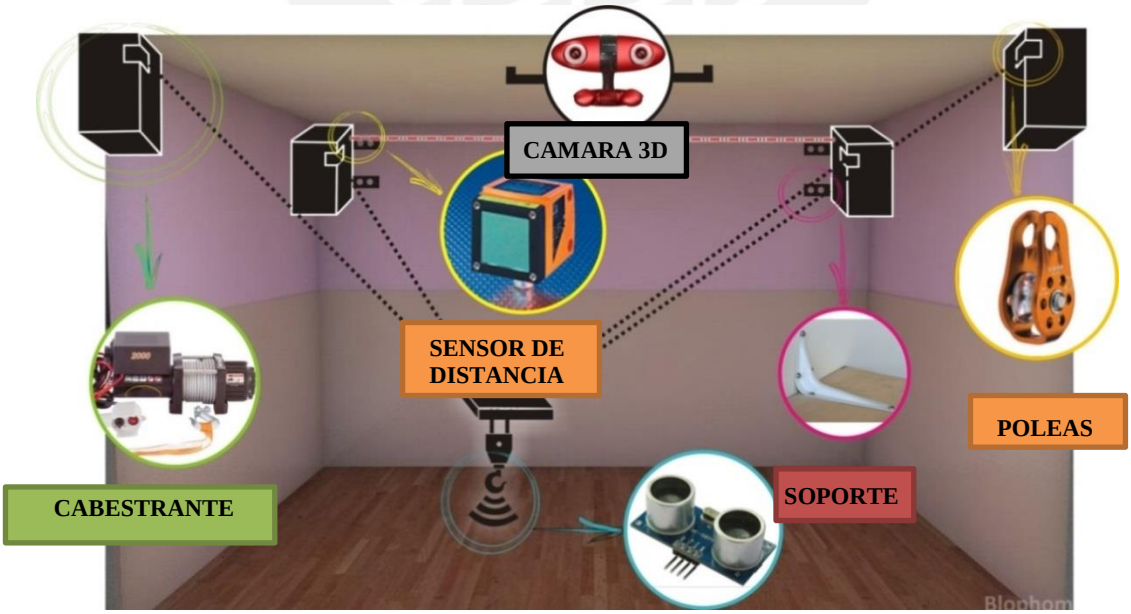


Figura 5. Sistema completo instalado y ubicación de elementos. Fuente propia

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS PUCP

4.3. Concepto 3

La configuración de soportes con cuatro soportes tipo trípode como se observa en la Figura 7. El movimiento del manipulador se realiza con un mando multieje con *bluetooth* en tiempo real; para evitar colisiones se usan sensores ultrasónicos, de modo que, si hay un obstáculo durante la trayectoria, el desplazamiento se detenga en esa dirección. En relación a la seguridad (como se muestra en la Figura 6), si la palanca del mando se mantiene, por algún motivo, un tiempo muy prolongado o recibe un golpe fuerte (por ejemplo, caída del mando) se detendrá dejando el movimiento solicitado por el usuario.

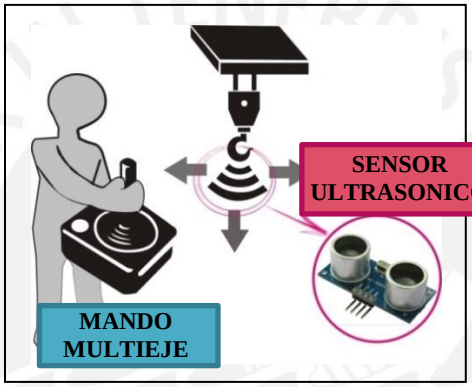


Figura 6. Modo de uso del manipulador mediante el multieje o joystick

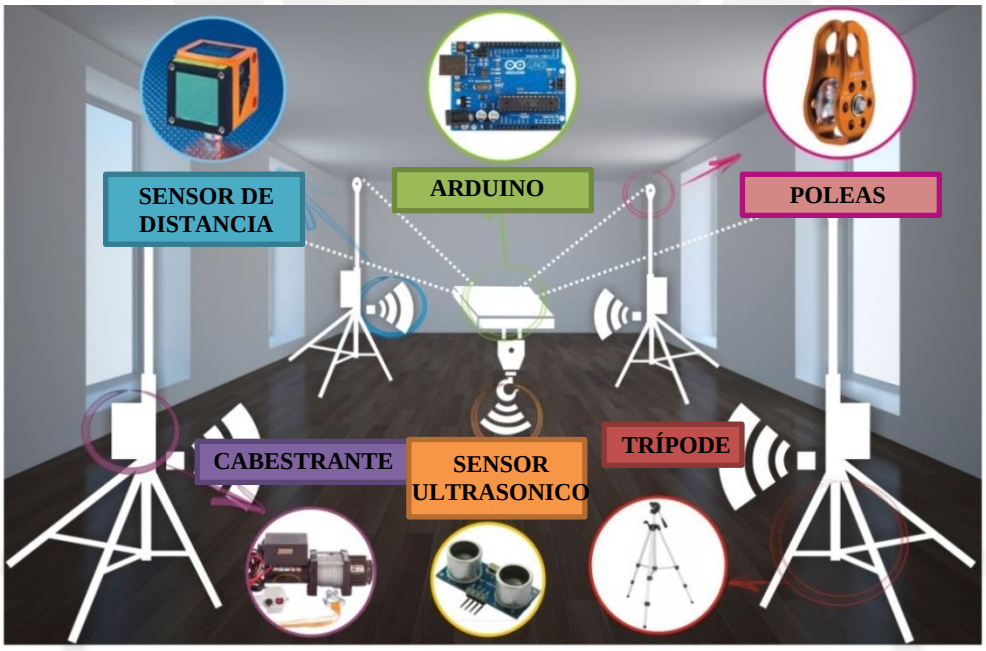


Figura 7. Sistema completo instalado y ubicación de elementos. Fuente propia

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

4.4. Concepto 4

De forma manual se ubica el manipulador, se acopla al objeto a mover y se ubica en la posición final, los soportes son cuatro y tienen la configuración de un trípode. La ventaja está en el manipulador que cuenta con sensores resistivos en la superficie y detecta si está o no en contacto con el operador, de este modo, permite mover el efector y con ayuda de la lógica del sistema, mover la carga sin ningún esfuerzo. Respecto a la seguridad, se presentan dos opciones: si la presión que el operador ejerce sobre el manipulador es muy elevada o muy tenue, el desplazamiento se detiene, esto gracias al sensor resistivo que permite detectar diferentes niveles de presión (ver Figura 8). Por otro lado, se visiona el uso de un botón o gatillo que debería estar presionado en toda la trayectoria de movimiento del manipulador, asegurando que el operador siempre confirme el deseo de movimiento (ver Figura 9).

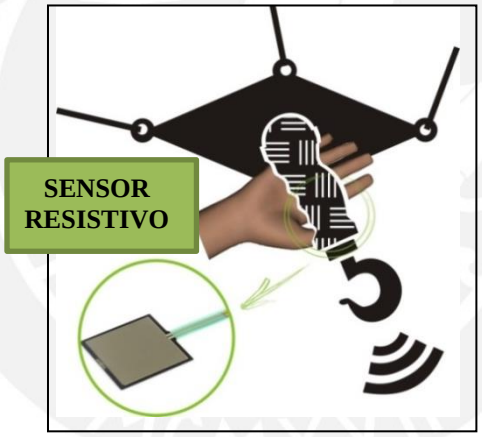


Figura 8. Ubicación del sensor capacitivo sobre el manipulador

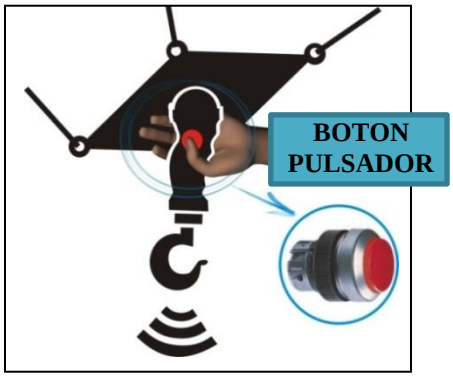


Figura 9. Ubicación del botón de seguridad sobre el manipulador

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS PUCP

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

4.5. Análisis Técnico –Económico

Cada concepto presentado anteriormente es comparado frente a los demás mediante una serie de criterios de evaluación que los clasifica de acuerdo a un puntaje. De modo que a mayor puntaje, el concepto es más viable en relación al campo técnico o diseño (ver Tabla 2) y económico (ver Tabla 3). Este tipo de análisis descarta los diseños menos eficientes o viables y permiten una elección de concepto óptimo que convine la viabilidad técnica y económica.

La escala de puntajes se encuentra de 1-4, donde 1=No satisface, 2=Aceptable, 3=Suficiente y 4=Satisface.

Tabla 2. Criterios técnicos de los conceptos propuestos. Fuente propia

Criterios de Evaluación para Diseños en Fase de Conceptos												
Variantes de Concepto			Solución S1		Solución S2		Solución S3		Solución S4		Solución Ideal	
N°	**Criterio de Evaluación**	**G**	**P**	**Gp**	**P**	**gp**	**p**	**gp**	**p**	**gp**	**P**	**gp**
1	Flexibilidad a zona de trabajo	3	3	9	2	6	3	9	3	9	4	12
2	Trasporte	3	3	9	1	3	3	9	3	9	3	9
3	Diseño	2	3	6	1	4	2	4	2	4	3	6
4	Función	4	4	16	4	16	4	16	4	16	4	16
5	Forma	3	3	9	3	9	2	6	2	6	3	9
6	Facilidad de Uso	4	4	16	4	16	3	12	3	12	4	16
7	Seguridad	3	3	9	3	9	3	9	2	6	4	12
8	Ergonomía	2	2	4	2	4	2	4	2	4	3	6
9	Capacidad de carga	3	3	9	3	9	3	9	3	9	3	9
Puntaje Máximo				87		76		78		75		95
Valor Técnico Xi				0.91		0.8		0.82		0.78		

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

CEE2

TESIS PUCP

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

Como se observa, el resultado de la evaluación técnica, está a favor del concepto 1, ya que el puntaje del valor técnico es el más elevado frente al resto. Es decir, el concepto 1 cumple en un 90 % los criterios de evaluación planteados que lo convierte en el más viable en el aspecto técnico.

Tabla 3. Criterios económicos de los conceptos propuestos. Fuente propia

Criterios de Evaluación para Diseños en Fase de Conceptos												
Variantes de Concepto			Solución S1		Solución S2		Solución S3		Solución S4		Solución Ideal	
N°	**Criterio de Evaluación**	**G**	**P**	**gp**	**p**	**gp**	**p**	**gp**	**p**	**gp**	**P**	**gp**
1	Flexibilidad a zona de trabajo	1	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3
2	Trasporte	1	3	3	4	4	3	3	3	3	3	3
3	Diseño	1	2	2	1	1	2	2	3	3	2	2
4	Función	1	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
5	Forma	3	3	9	3	9	2	6	2	6	3	9
6	Facilidad de Uso	2	2	4	2	4	2	4	2	4	3	6
7	Seguridad	2	3	6	3	6	3	6	3	6	3	6
8	Ergonomía	3	3	9	3	9	2	6	3	9	4	12
9	Capacidad de carga	3	3	9	3	9	3	9	3	9	3	9
Puntaje Máximo				47		48		41		45		53
Valor Económico Yi				0.88		0.9		0.77		0.84		

Igual que el caso anterior, los criterios económicos se alinean al concepto de solución 1, esto implica que, frente al resto de alternativas, este concepto resultaría más económico. Cabe mencionar que en la mayoría de casos no sucede de este modo, muchas veces no coincide viabilidad técnica con económica, motivo por el cual se grafican los puntajes obtenidos como en la Figura 10 para encontrar la solución más cerca a la ideal.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

CEE2

Tabla 4. Puntaje técnico y económico de los conceptos propuestos. Fuente propia

	Solución 1	Solución 2	Solución 3	Solución 4
Valor Técnico Xi	0.91	0.8	0.82	0.78
Valor Económico Yi	0.88	0.9	0.77	0.84

De ambos criterios de evaluación se obtiene el gráfico de la Figura 10, el cual muestra la solución más cercana a la ideal. Como se observa en la gráfica, el número 1 y 3 son buenas soluciones, sin embargo la numero 3 es la más próxima a la solución óptima (línea diagonal) ya que presenta un mejor balance entre los requerimientos técnicos y económicos planteados en los dos cuadros anteriores. Debido a ello, la solución 1 es la que se escoge y se desarrollara a lo largo del presente documento.

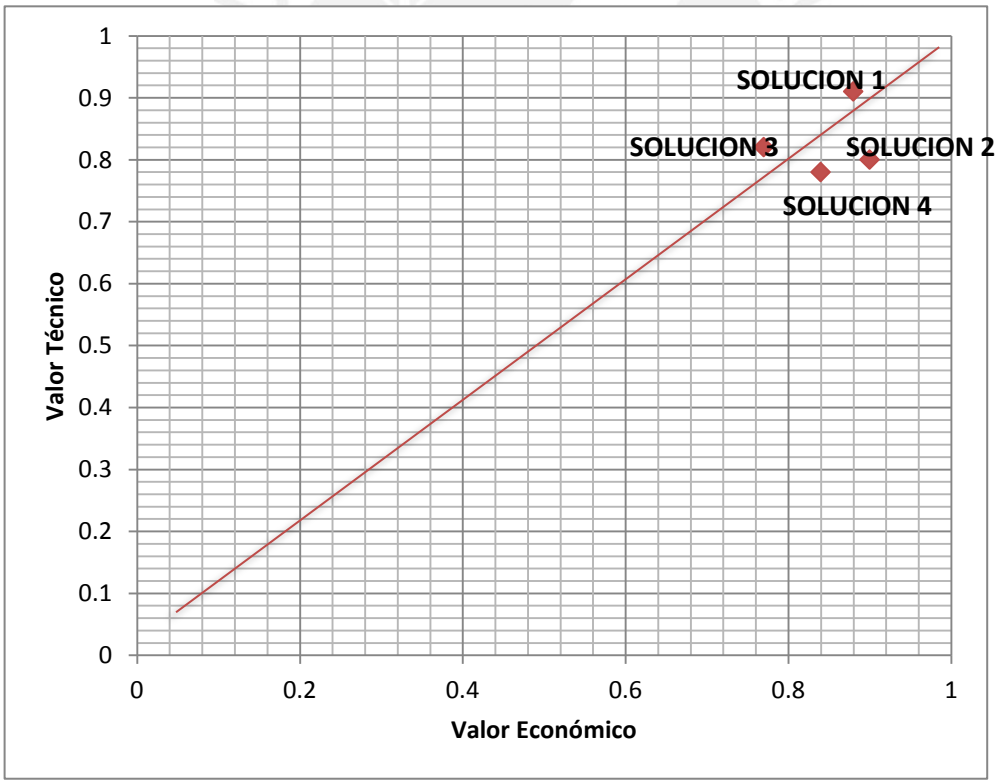


Figura 10. Gráfica de solución ideal frente a conceptos propuestos

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS PUCP

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

ANEXO 2

- Proceso previo de instalación del Sistema

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

CEE2

TESIS PUCP

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

PROCESO DE INSTALACIÓN

1. Hecho por el usuario: Conexión a la toma de energía de 220VAC 60Hz.
2. Hecho por el usuario: Debido a que cada soporte es independiente, debe conectase los 5 elementos para que actué como un solo sistema, es decir, hacer coincidir las cuerdas y cables que sobresalen de cada soporte en el manipulador (ver *Figura 1*). Cabe mencionar que el estado inicial de cada soporte cuenta con cierta longitud de cuerda que sobresale empleada en esta acción previa de instalación (longitud por defecto considerada en el programa para cálculos posteriores).

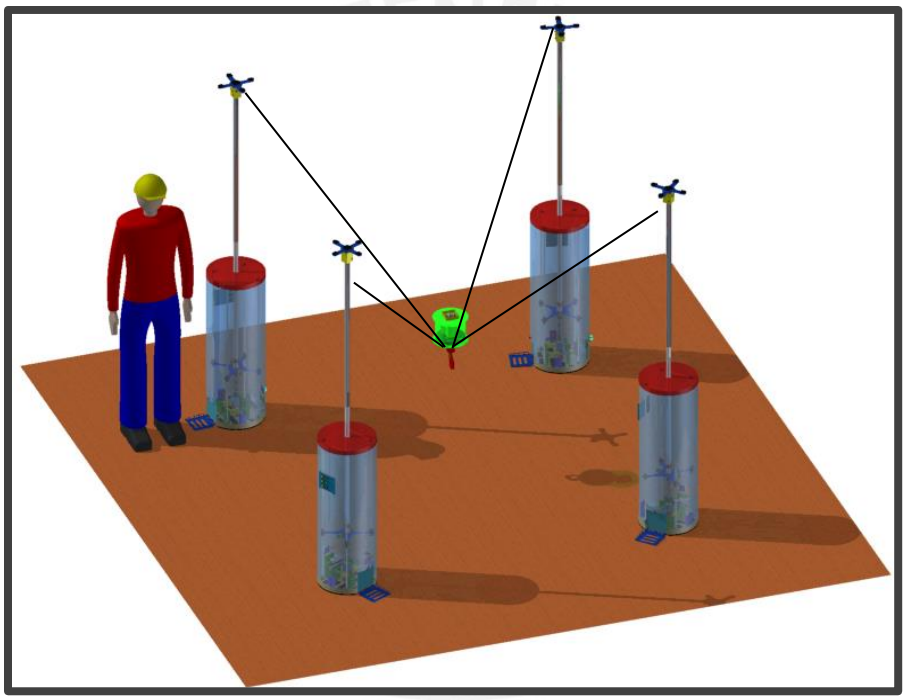


Figura 1: Disposición de soportes en el área de trabajo

3. Disposición de los cuatro soportes en el área de trabajo: Mediante el uso de la aplicación se suelta longitud de cuerda necesaria para alejar el soporte y posicionarlo según usuario, para ello la aplicación mostrara la opción de elevar o disminuir longitud. Esto se realizara con cada soporte.
4. Ubicados los cuatro soportes, se hace uso del *switch* de encendido del panel de control ubicado en cada soporte.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS PUCP

5. Existe un botón pulsador encargado del ajuste de altura para elevar el sistema, ubicado en el mismo panel de control. Se presiona el pulsador, se observa la elevación del soporte y se detiene cuando llega al límite del área de trabajo (techo). Esta acción se repite en los 4 soportes.

   Cabe mencionar que cada soporte cada soporte alcanza una longitud máxima de 3m en la vertical y cuenta con una pieza que ayuda al usuario asegurar la estabilidad del sistema mientras alcanza la altura final, evitando volcadura.
6. Hecho por el usuario: Sujeción del manipulador con el objeto a cargar o movilizar.
7. Una vez instalado el sistema siguiendo las indicaciones anteriores, se presenta en la aplicación la opción de "Calibración". La calibración consiste en el ajuste de las cuerdas y cables hasta quedar tensionadas; detección de medidas iniciales como longitud de cuerdas, altura de soportes y distancia entre el manipulador-techo. Cabe resaltar que esta última distancia (manipulador-techo) es considerada máxima para descender el objeto a movilizar, es decir, el manipulador solo podrá desplazarse en distancias menores a ésta.
8. El sistema está listo para ejecutar su función principal de desplazamiento en el área de trabajo, mediante la aplicación móvil o de modo manual. En caso de usar la aplicación, el usuario tiene a su disposición de la vista de posiciones y distancias de todos los elementos relevantes del sistema (cuatro soportes y manipulador).

   Las distancias mostradas en la aplicación se logran a partir de cuatro suministradores de datos que serán explicados y detallados en el capítulo de "Diseño electrónico y eléctrico":

- Los *encoders* instalados en cada soporte brindan datos correspondientes a la cantidad de cuerda que ha sido desplegada, obteniendo las distancias de cada cuerda respecto al manipulador.
- Mediante el *encoder* de cada motor acoplado al tornillo sin fin se sabe el valor de la altura final de los soportes.
- Gracias al sensor de proximidad, instalado en el manipulador, se obtiene la distancia de éste respecto al techo. Este dato, junto a los de altura de cada soporte y longitudes de cuerda permiten ubicar el manipulador en el eje vertical.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS PUCP

- El sensor magnético brinda información de los ángulos del cuadrilátero que forman los cuatro soportes de modo que permitan el cálculo de distancias entre uno y otro soporte.

  De este modo, utilizando los datos obtenidos de cada sensor, se permite encontrar las dimensiones necesarias para la visualización de todos los elementos en el plano tridimensional XYZ proyectados en la aplicación. Esto permite que el usuario se oriente en el espacio de trabajo y posicione el objeto del modo más preciso.

9. En caso de guardar el sistema, la aplicación presenta la opción de "Apagado". Al escoger esta opción, el sistema regresa al punto inicial y se despliega un mensaje indicando que el usuario debe desprender las cuerdas y cables del manipulador, al confirmar esta opción, los cables se retraen hasta la posición inicial.
10. En el panel de control se haya un tercer botón pulsador que indica "Plegado". Al presionarlo, automáticamente, se retrae los soportes hasta adquirir la altura inicial (1.3m).
11. Presionar el switch para apagar cada soporte.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS PUCP

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

ANEXO 3

- Cálculos mecánicos
- Elección de motores

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

CEE2

TESIS PUCP

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

CÁLCULOS MECÁNICOS

CÁLCULO PARA MOTOR PRINCIPAL

Las fuerzas en la cuerda que sostiene la carga contemplan a la cuerda con un modelamiento de curva catenaria. El peso de carga limitada a 50 kg y el área efectiva de trabajo del sistema es de 4 m^2.

La cuerda escogida corresponde al modelo de cuerda AmSteel Blue, la cual está compuesta de una trenza única de 12 filamentos que aprovecha al máximo la relación resistencia-peso. Es un excelente sustituto de la cuerda de alambre con, además, baja elasticidad y resistencia al desgaste.

Especificaciones de la cuerda:

- Peso lineal: 0.0441 N/m
- Longitud de la cuerda en trabajo: 4*(2)^(1/2) m= 5.66 m
- Elongación aproximada. 0.01 m
- Diámetro del cable : 2.5 mm

Calculo de fuerzas en cuerda:

La cuerda se considera curva catenaria y sigue la siguiente fórmula:

Fuerza horizontal (Hi): $Fh = \frac{q * Xi^2}{8 * fi}$

Donde:

q: Peso distribuido del cable

Xi: extensión horizontal del cable

Fi: elongación del cable

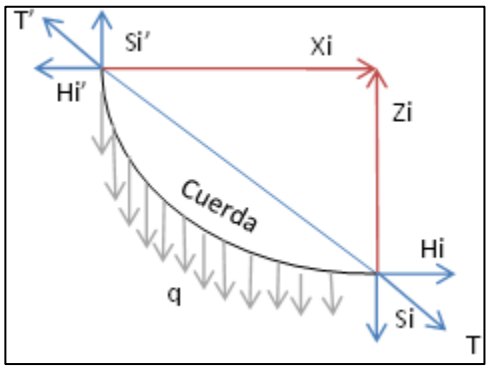


Figura 1. Diagrama de fuerzas que afectan a la cuerda. Fuente: Propia

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Reemplazando los datos de la cuerda:

- Fh=17.65 N
- Debido a la carga de 50 kg en la vertical, la fuerza en ese sentido se aproxima a la cuarta parte por cada soporte, Fv= 123 N
- La fuerza total T soportada por la cuerda de cada soporte se aproxima a T=125N
- Utilizando un carrete con diámetro 30 mm en el cual se enrolla el total de la cuerda y un Factor de seguridad FS=2 se calcula el torque necesario del motor.

Torque = Radio carrete * Fuerza total

Torque = 15mm * 125N = 2 Nm

Torque = FS * Torque = 4 Nm

CÁLCULO PARA MOTOR TORNILLO SIN FIN

El motor elegido se encuentra acoplado a un tornillo sin fin para el ajuste de altura de cada soporte. Se dispone a ubicarlo de modo vertical como se muestra en la Figura 2. Como se observa, toda la carga (correspondiente a los elementos que eleva el tornillo sin fin) se concentra de modo vertical y central a lo largo del eje del motor, así que el torque del motor no se considera para su elección, solo las revoluciones por minuto.

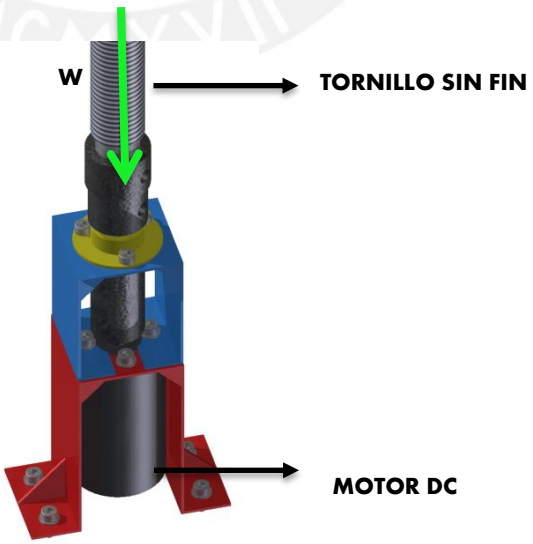


Figura 2. Ensamble de motor DC con tronillo sin fin. Fuente: Propia

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS PUCP

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

Consideraciones para escoger el motor

- El tornillo sin fin presenta un paso de 2mm.
- Se busca que el motor gire pocas revoluciones por minuto para alcanzar la altura exacta de los soportes y tener la posibilidad de hacer el ajuste de presión necesario entre el soporte y las superficies de apoyo (techo y suelo).
- Se propone que cada soporte avance 3 mm en cada segundo.

De acuerdo a los requerimientos descritos:

$$\frac{3mm}{1s}\left(\frac{60s}{1\min}\right)\left(\frac{1rev}{2mm}\right)=90\frac{rev}{\min}=90RPM\approx 100RPM$$

Como resultado, se obtiene un motor de 90 RPM, pero el motor de 100RPM es más comercial, motivo por el cual se decide escoger uno con esa cantidad de RPM. De este modo, la velocidad con la que cada soporte alcanza la altura requerida será de 3.3 mm/s.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS PUCP

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

ANEXO 4

Especificaciones técnicas
Fuente Mean Well 350 W serie NES-350

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

CEE2

TESIS PUCP

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

MEAN WELL

350W Single Output Switching Power Supply NES-350 series

Features :

- AC input range selectable by switch
- Protections: Short circuit / Overload / Over voltage/ Over temperature
- Forced air cooling by built-in DC fan
- Withstand 300vac surge input for 5 second
- Built-in cooling Fan ON-OFF control
- Built-in constant current limiting circuit
- 100% full load burn-in test
- LED indicator for power on
- Fixed switching frequency at 90KHz
- Low cost,high reliability
- 2 years warranty

SPECIFICATION

MODEL		NES-350-3.3	NES-350-5	NES-350-7.5	NES-350-12	NES-350-15	NES-350-24	NES-350-27	NES-350-36	NES-350-48
OUTPUT	DC VOLTAGE	3.3V	5V	7.5V	12V	15V	24V	27V	36V	48V
	RATED CURRENT	60A	60A	46A	29A	23.2A	14.6A	13A	9.7A	7.3A
	CURRENT RANGE	0 ~ 60A	0 ~ 60A	0 ~ 46A	0 ~ 29A	0 ~ 23.2A	0 ~ 14.6A	0 ~ 13A	0 ~ 9.7A	0 ~ 7.3A
	RATED POWER	198W	300W	345W	348W	348W	350.4W	351W	349.2W	350.4W
	RIPPLE & NOISE (max.) Note.2	150mVp-p	150mVp-p	150mVp-p	150mVp-p	150mVp-p	150mVp-p	200mVp-p	240mVp-p	240mVp-p
	VOLTAGE ADJ. RANGE	2.97 ~ 3.7V	4.5 ~ 5.6V	6 ~ 9V	10 ~ 13.5V	13.5 ~ 18V	20 ~ 26.4V	26 ~ 32V	32~40V	41 ~ 56V
	VOLTAGE TOLERANCE Note.3	+3%,-4.5%	±3.0%	±2.0%	±1.5%	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%	±1.0%
	LINE REGULATION	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%
	LOAD REGULATION	±2.5%	±2.0%	±2.0%	±1.0%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%
	SETUP, RISE TIME	1000ms, 50ms/230VAC 1000ms,50ms/115VAC at full load								
	HOLD UP TIME (Typ.)	20ms/230VAC 16ms/115VAC at full load								
INPUT	VOLTAGE RANGE Note.4	90 ~ 132VAC / 180 ~ 264VAC by switch 254 ~ 370VDC								
	FREQUENCY RANGE	47 ~ 63Hz								
	EFFICIENCY (Typ.)	74%	78%	80%	83%	84%	87%	88%	87.5%	87.5%
	AC CURRENT (Typ.)	7A/115VAC 4A/230VAC								
	INRUSH CURRENT (Typ.)	40A/115VAC 60A/230VAC								
	LEAKAGE CURRENT	<3.5mA / 240VAC								
PROTECTION	OVER LOAD	105 ~ 135% rated output power								
		Protection type : Constant current limiting, recovers automatically after fault condition is removed								
	OVER VOLTAGE	3.8 ~ 4.6V	5.75 ~ 7.5V	9.4 ~ 11.25V	13.8 ~ 16.2V	18 ~ 21V	27.6 ~ 32.4V	33.7 ~ 39.2V	41.4~46.8V	57.6 ~ 67.2V
		Protection type :Shut down O/P voltage, re-power on to recover								
	OVER TEMPERATURE	90℃±5℃(3.3~7.5V); 85℃±5℃(12~15V); 80℃±5℃(24V);75℃±5℃(27~48V) (TSW1) Detect on case								
		Protection type : Shut down O/P voltage, recovers automatically after temperature goes down								
FUNCTION	FAN ON/OFF CONTROL(Typ.)	RTH2≧50℃ FAN ON, ≦45℃ FAN OFF (3.3 ~ 7.5V)								
		RTH2≧55℃ FAN ON, ≦50℃ FAN OFF (12 ~ 48V)								
ENVIRONMENT	WORKING TEMP.	-20 ~ +60℃ (Refer to output load derating curve)								
	WORKING HUMIDITY	20 ~ 90% RH non-condensing								
	STORAGE TEMP., HUMIDITY	-20 ~ +85℃, 10 ~ 95% RH								
	TEMP. COEFFICIENT	±0.03%/℃ (0 ~ 50℃)								
	VIBRATION	10 ~ 500Hz, 3G 10min./1cycle, 60min. each along X, Y, Z axes								
SAFETY	SAFETY STANDARDS	UL60950-1 approved								
	WITHSTAND VOLTAGE	I/P-O/P:3KVAC I/P-FG:2KVAC O/P-FG:0.5KVAC								
	ISOLATION RESISTANCE	I/P-O/P, I/P-FG, O/P-FG:100M Ohms/500VDC / 25℃/ 70% RH								
OTHERS	MTBF	234.3K hrs min. MIL-HDBK-217F (25℃)								
	DIMENSION	215*115*50mm (L*W*H)								
	PACKING	1.07Kg; 12pcs/13.5Kg/0.92CUFT								

NOTE

1. All parameters NOT specially mentioned are measured at 230VAC input, rated load and 25℃ of ambient temperature.
2. Ripple & noise are measured at 20MHz of bandwidth by using a 12" twisted pair-wire terminated with a 0.1uf & 47uf parallel capacitor.
3. Tolerance : includes set up tolerance, line regulation and load regulation.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

CEEZ

TESIS PUCP

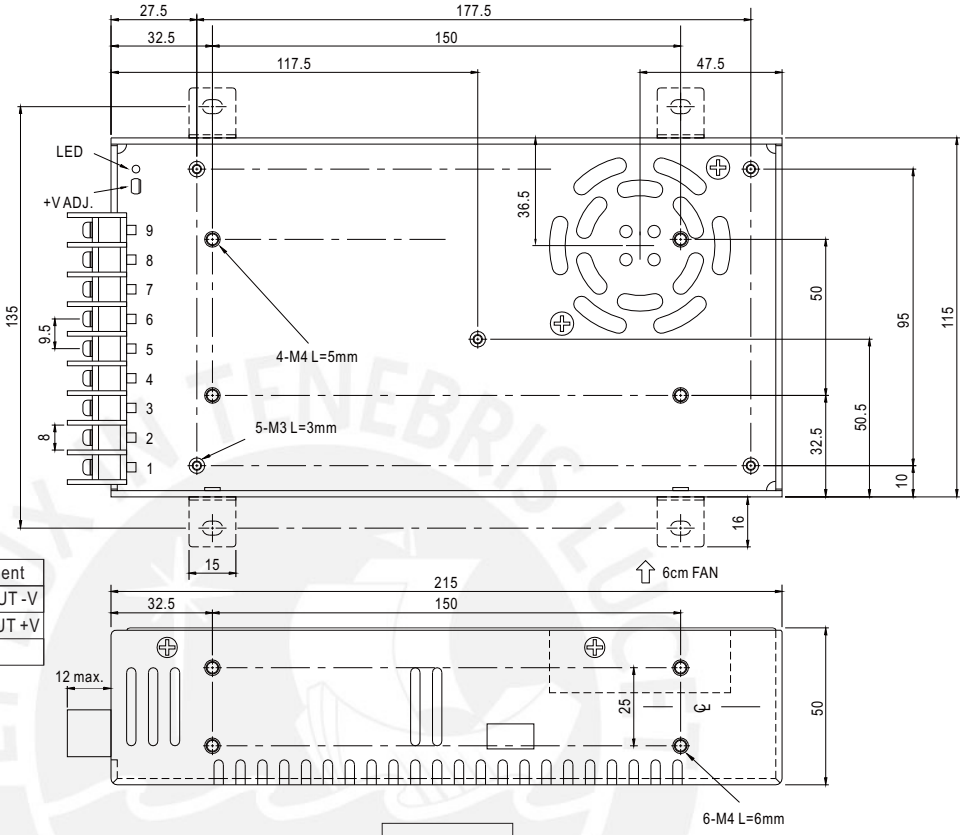
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

MEAN WELL

350W Single Output Switching Power Supply NES-350 series

■ Mechanical Specification

Case No. 912C Unit:mm

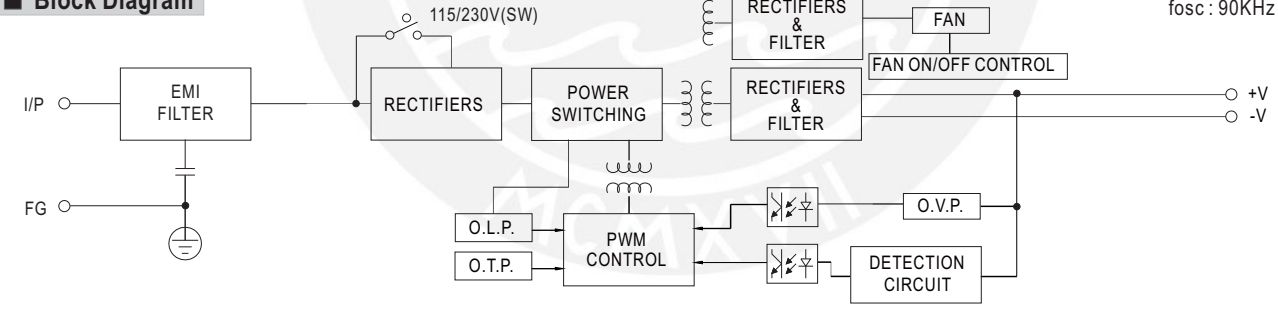


Terminal Pin No. assignment :

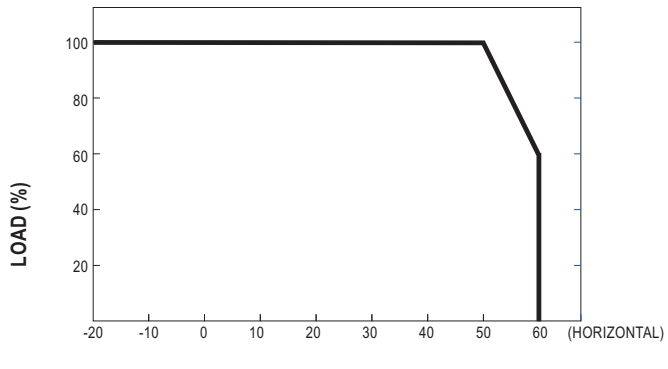
Pin No.	Assignment	Pin No.	Assignment
1	AC/L	4~6	DC OUTPUT -V
2	AC/N	7~9	DC OUTPUT +V
3	FG ⏚		

■ Block Diagram

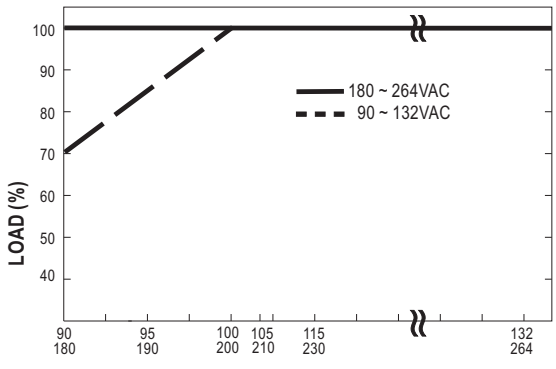
fosc : 90KHz



■ Derating Curve



■ Static Characteristics



Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

CEEZ

TESIS PUCP

ANEXO 5

- Análisis de esfuerzo
- Estructuras mecánicas críticas

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS PUCP

ANÁLISIS DE ESFUERZOS

A continuación se hace un análisis de esfuerzos de todas las estructuras y piezas críticas que son afectadas por la fuerza de tensión generada por la carga. El programa empleado para las simulaciones descritas en la presente sección fue Autodesk Inventor, el mismo empleado en el diseño de las piezas de todo el sistema mecánico.

- **POLEA**

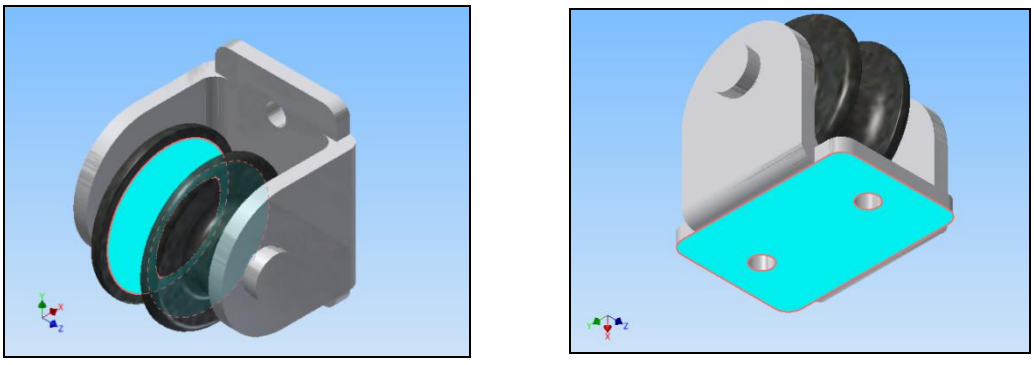
Se utiliza una polea de diámetro 10 mm, producto comprado, y un soporte de aluminio 6061 que sostiene dicha polea mediante un eje. Dimensiones escogidas por análisis de falla según los requerimientos de fuerzas.

Tabla 1. Características del ensamble polea. Fuente: Autodesk Inventor

Características de la polea	Características de fabricación del soporte	Características de fabricación del eje
▪ Material: Acero ▪ Densidad: 7.850 g/cm^3 ▪ Masa: 0.052 kg ▪ Volumen: 6586.947 mm^3	▪ Material: Aluminio ▪ Densidad: 2.700 g/cm^3 ▪ Masa: 0.006 kg ▪ Volumen: 2160.699 mm^3	▪ Material: Aluminio ▪ Densidad: 2.700 g/cm^3 ▪ Masa: 0.002 kg ▪ Volumen: 726.311 mm^3

Requerimientos del análisis de esfuerzo

- Fuerza externa: 125 N dirección Y (según sistema de coordenadas graficado)
- Posición: Coordenadas X = 82 mm ; Y = 30 mm

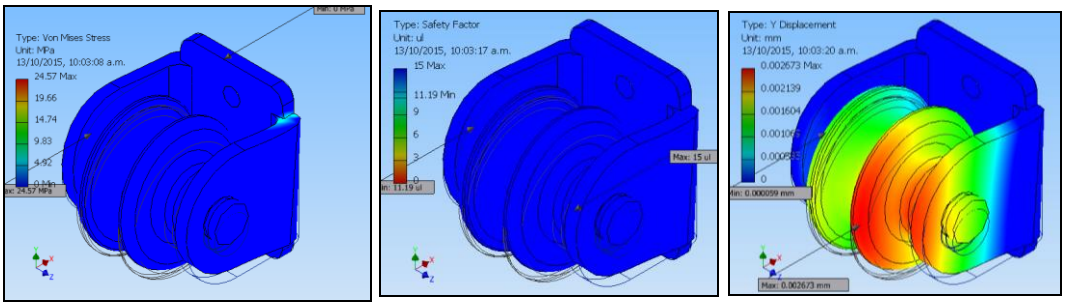


(a) *(b)*

Figura 1. (a) Posición de la fuerza que ejercerá la tensión equivalente a 125 N. (b) Cara atornillada a la carcasa. Fuente: Autodesk Inventor

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Resultado del análisis en Inventor



(a) *(b)* *(c)*

Figura 2. (a) Análisis de Von Mises. (b) Factor de Seguridad. (c) Desplazamientos en parte critica. Fuente: Autodesk Inventor

a) Según el análisis de Von Mises tendremos un esfuerzo en la zona critica equivalente a 24.57 MPa. (ver Figura 2 (a)).
b) Por características del material tendremos un factor de seguridad de Fs= 11.19 el cual según criterio de falla cumple (ver Figura 2 (b)).
c) En caso la fuerza sea recurrente se tendrá pequeños desplazamientos, cuya máxima deformación seria 0.0026 mm (ver Figura 2 (c)).

Conclusión

La estructura de polea será utilizada para posicionar la cuerda que soporta la carga, de acuerdo al análisis de esfuerzos, esta estructura soportará los requerimientos que solicita el sistema.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis
CEEZ

- **CAJA DE POLEAS**

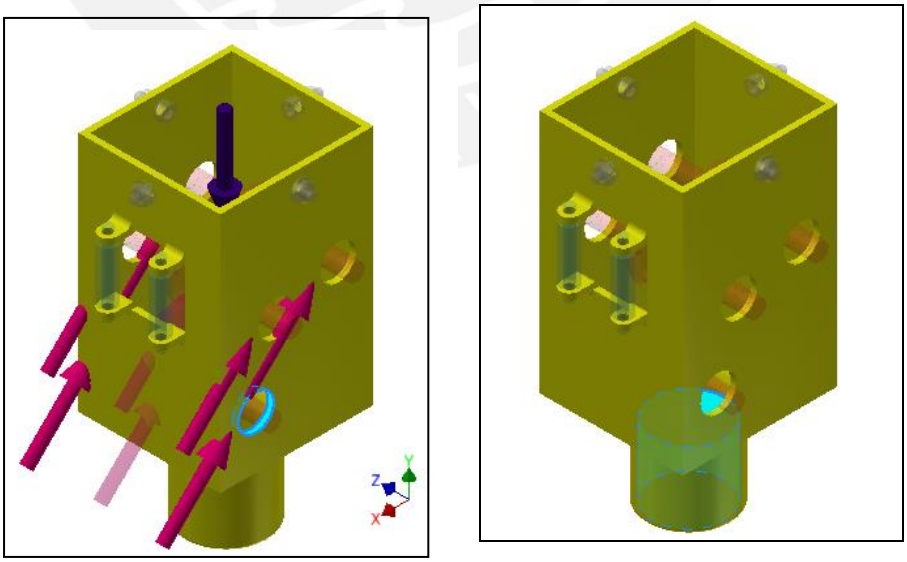
La pieza contiene 3 ejes de polea que la atraviesan, poleas que aguantan la fuerza de carga que le corresponde a cada soporte. El soporte está fabricado de aluminio 6061 con un espesor de 2mm.

Características de fabricación

- Material: Aluminio 6061
- Densidad: 2.7 g/cm^3
- Masa: 0.22 kg
- Volumen: 83128.4 mm^3

Requerimientos del análisis de esfuerzo

- Fuerza externa en cada agujero: -62N en dirección X y 62N en dirección Y (según sistema de coordenadas graficado). Fuerza producto de la reacción ocasionada por los ejes de las poleas al ejercer presión al elevar la carga.
- En la zona cilíndrica de la pieza se considera la restricción de movimiento cilíndrico (ver Figura 3) ocasionado por el tubo roscado al que se ensambla.

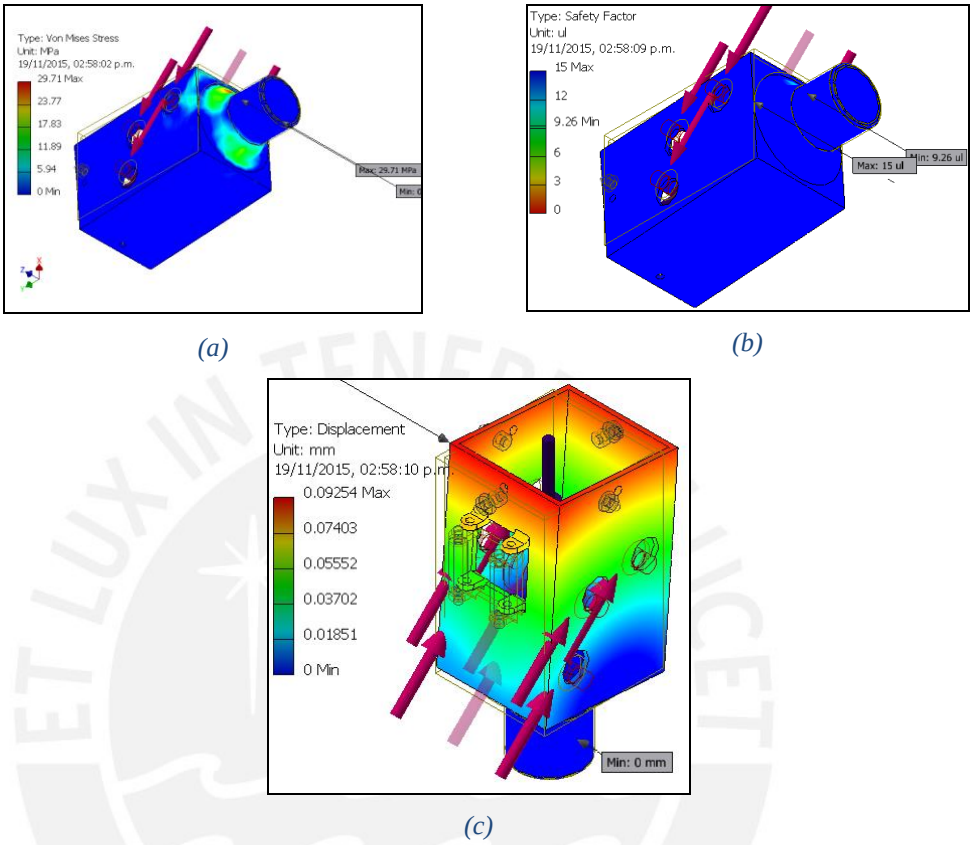


(a) *(b)*

Figura 3. (a) Ubicación de fuerzas de reacción y peso. (b) Zona de restricción de movimiento cilíndrico.
Fuente: Autodesk Inventor

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

Resultado del análisis en Inventor



(a) *(b)*

(c)

Figura 4. (a) Análisis de Von Mises. (b) Factor de Seguridad. (c) Desplazamientos en parte critica. Fuente: Autodesk Inventor

a) Según el análisis de Von Mises se obtiene un esfuerzo enen la base de la pieza equivalente a 29.71 MPa (ver Figura 4 (a)).
b) Por características del material tendremos un factor de seguridad de Fs= 9.26 el cual según criterio de falla cumple (ver Figura 4 (b)).
c) En caso la fuerza sea recurrente existirán pequeños desplazamientos, cuya máxima deformación seria 0.092mm (ver Figura 4 (c)).

Conclusión

La pieza presentada será utilizada como apoyo de los ejes de poleas que aguantan la fuerza ejercida por la carga, de acuerdo al análisis de esfuerzos, esta pieza soportará los requerimientos que solicita el sistema.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis
CEEZ

- **PIEZA CENTRAL**

La pieza mostrada en "X" soporta el peso de los tubos y estructura de la caja de poleas, tiene un espesor de 2mm. Como se observa en la Figura 5, solo una polea resiste la fuerza de la cuerda de carga, la otra conduce el cable de datos.

Características del ensamble

- Masa: 0.8 kg
- Volumen: 139604 mm^3

Requerimientos del análisis de esfuerzo

- Se considera todo el peso del ensamble central mostrado en la figura_.
- Fuerza externa 1: Aplicado a la 1 polea, -100N en dirección Z y -50N en dirección Y, según sistema de coordenadas (ver Figura 6). Los valores calculados resultan del ángulo de inclinación con la que es aplicada la fuerza sobre la cuerda (ver Figura 5).

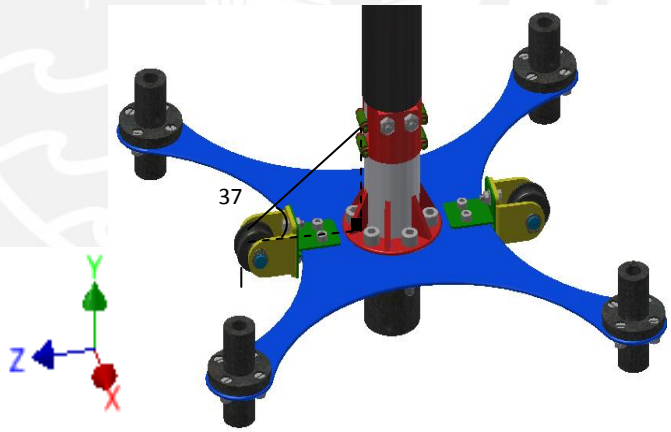


Figura 5. Línea negra representa la cuerda orientada a 37 grados respecto la horizontal. Fuente: Autodesk Inventor

- Fuerza externa 2: 118N en dirección Z y 45N en dirección Y, según sistema de coordenadas (ver Figura 6). Fuerza resultante (de tipo remota en Inventor) provocada por la cuerda que sobresale de la caja de poleas. Ubicada en la posición de altura máxima de soporte.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

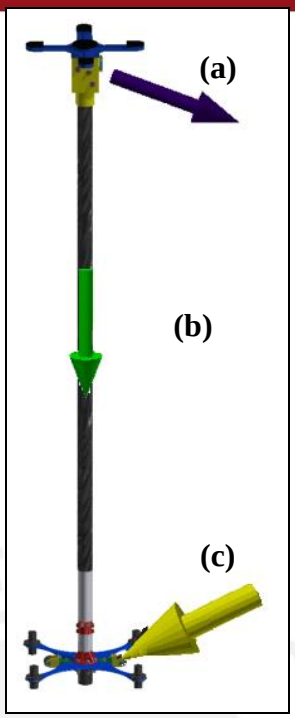
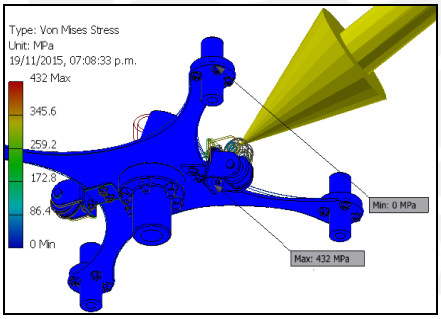
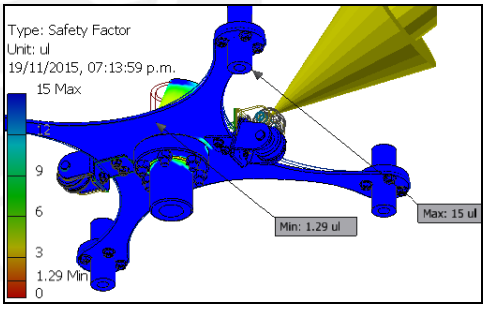


Figura 6. (a) Fuerza sobresaliente de la caja de poleas. (b) Peso del ensamble central. (c) Fuerza sobre la polea provocada por la cuerda. Fuente: Autodesk Inventor

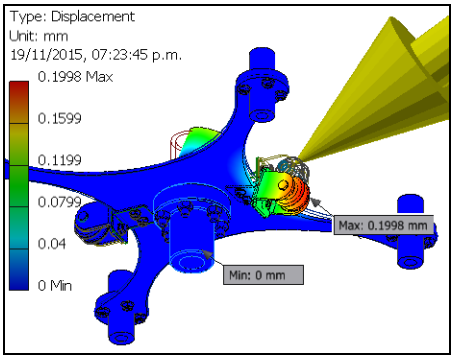
Resultado del análisis en Inventor



(a)



(b)



(c)

Figura 7. (a) Fuerza sobresaliente de la caja de poleas. (b) Peso del ensamble central. (c) Fuerza sobre la polea provocada por la cuerda. Fuente: Autodesk Inventor

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis
CEEZ

a) Según el análisis de Von Mises se obtiene un esfuerzo máximo en el soporte de polea equivalente de 432.5 MPa (ver Figura 7 (a)).
b) Por características del material tendremos un factor de seguridad de Fs= 1.29 el cual según criterio de falla cumple (ver Figura 7 (b)).
c) En caso la fuerza sea recurrente existirán pequeños desplazamientos, cuya máxima deformación seria 1.998mm en la zona de la polea (ver Figura 7 (c)).

Conclusión

El ensamble presentado sirve de apoyo a las poleas y la estructura comprendida por los tubos superiores y caja de poleas, de acuerdo al análisis de esfuerzos, este ensamble soportará los requerimientos que solicita el sistema y no fallará.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis
CEEZ

TESIS PUCP

ANEXO 6

Rodamiento de bolas para tornillo sin fin
Catálogo NEFF Screw drives/ Screw Jacks

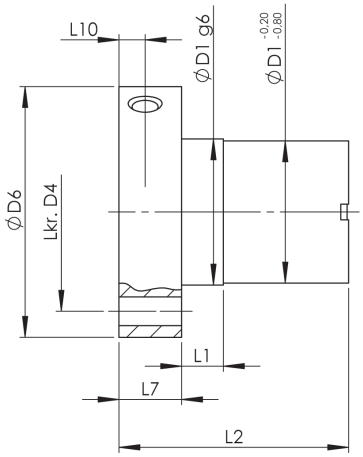
Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS PUCP

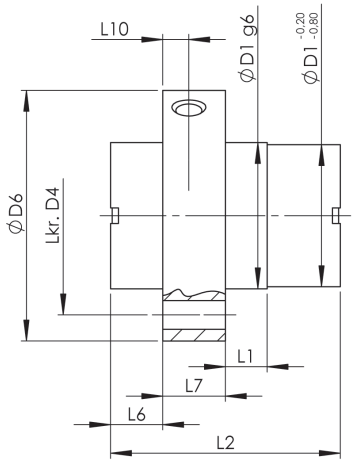
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

Flanged ball nuts KGF-N

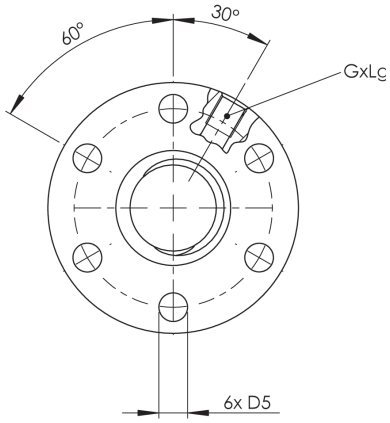
according to NEFF standard



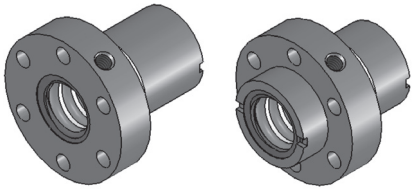
Form E



Form S



Bore pattern 3
Neff standard



Material: 1.7131 (ESP65) or 1.3505 (100 Cr 6)

Type Diameter [mm] Pitch [mm] Right-hand thread	Form	Dimensions [mm]											Axial backlash max [mm]	No. of circuits	Load rating [kN]		
		D_1	D_4	D_5	D_6	L_1	L_2	L_6	L_7	L_g	L_{10}	Lubrication bore G			$C^{1)}$	$C^{2)}$	$C_0 = C_{oa}$
KGF-N 1605 RH-EE	E	28	38	5.5	48	8	44	–	12	8	6	M 6	0.08	3	12.0	9.3	13.1
KGF-N-1616-P8-3-RH-EE	E	28	38	5,5	48	8	45	–	12	8	6	M 6	0,08	3,75	–	10	16,4
KGF-N 2005 RH-EE	E	32	45	7	55	8	44	–	12	8	6	M 6	0.08	3	14.0	10.5	16.6
KGF-N 2020 RH-EE	S	35	50	7	62	4	30	8	10	8	5	M 6	0.08	4	12.0	11.6	18.4
KGF-N 2050 RH-EE	S	35	50	7	62	10	56	8	10	8	5	M 6	0.15	5	18.0	13.0	24.6
KGF-N 2505 RH-EE	E	38	50	7	62	8	46	–	14	8	7	M 6	0.08	3	15.0	12.3	22.5
KGF-N 3205 RH-EE	E	45	58	7	70	10	59	–	16	8	8	M 6	0.08	5	24.0	21.5	49.3
KGF-N 3210 RH-EE	E	53	68	7	80	10	73	–	16	8	8	M 8x1	0.08	3	44.0	33.4	54.5
KGF-N 3240 RH-EE	S	53	68	7	80	14	45	7.5	16	10	8	M 6	0.08	4	17.0	14.9	32.4
KGF-N-3260-P10-3,5 RH-EE	E	53	68	7	80	16	68	10	16	8	8	M 6	0,08	4,8	–	20	49,3
KGF-N 4005 RH-EE	E	53	68	7	80	10	59	–	16	8	8	M 6	0.08	5	26.0	23.8	63.1
KGF-N 4010 RH-EE	E	63	78	9	95	10	73	–	16	8	8	M 8x1	0.08	3	50.0	38.0	69.1
KGF-N 5010 RH-EE	E	72	90	11	110	10	97	–	18	8	9	M 8x1	0.08	5	78.0	68.7	155.8
KGF-N 6310 RH-EE	E	85	105	11	125	10	99	–	20	8	10	M 8x1	0.08	5	86.0	76.0	197.0
KGF-N 8010 RH-EE	E	105	125	13.5	145	10	101	–	22	8	11.5	M 8x1	0.08	5	-	82.7	221.9

[1] Dynamic load rating according to DIN 69051 part 4 draft 1978.
[2] Dynamic load rating according to DIN 69051 part 4 draft 1989.

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

CEEZ

TESIS PUCP

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

ANEXO 7

Cotización de componentes mecánicos
Empresa: Steintrices E.I.R.L

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

CEE2

TESIS PUCP

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

Cotización N°2015-PUCP-V-142

Lima,26 de octubre de 2015

Atención: Departamento de Ingeniería
Ingeniería Mecatrónica
Ing. Katherine Lucy Zegarra

Pontificia Universidad Católica del Perú.
Dirección: Av. Universitaria 1801-San Miguel-Lima
Referencia Manufactura

De nuestra mayor consideración :

En atención a su amable solicitud de cotización, tenemos el agrado de presentarles nuestra oferta económica

Pos	Material	Descripción	Cant.	Precio unitario	Precio total
1	Aluminio	SOPORTE INFERIOR DE TUBOS	4	19.00	76.00
2	Aluminio	PIN CARRETE	4	5.00	20.00
3	Aluminio	CARRETE FIJADOR	2	35.00	70.00
4	Aluminio	BARRENA	2	189.00	378.00
5	Aluminio	SOPORTE BARRENA CABLES	2	24.00	48.00
6	Aluminio	SOPORTE MOTOR CABLES	2	26.00	52.00
7	Aluminio	BASE PRINCIPAL	1	160.00	160.00
8	Aluminio	PISA	1	35.00	35.00
9	Aluminio	SOPORTE POLEA	4	10.00	40.00
10	Aluminio	EJE RODILLO D	4	12.00	48.00
11	Aluminio	SOPORTE RODILLO 2	2	28.00	56.00
12	Aluminio	SOPORTE RODILLO 1	2	28.00	56.00
13	Aluminio	EJE RODILLO	4	12.00	48.00
14	Aluminio	SOPORTE MOTOR	1	45.00	45.00
15	Aluminio	SOPORTE RODAMIENTO	1	50.00	50.00
16	Aluminio	EJE SECCION	1	18.00	18.00
17	Aluminio	CAJA RODAMIENTO	1	45.00	45.00
18	Aluminio	ACOPLE TORNILLO	1	12.80	12.80
19	Aluminio	PIEZA UNION	1	95.00	95.00
20	Aluminio	JUNTA TUBO2	1	40.00	40.00
21	Aluminio	UNION T	4	22.00	88.00
22	Aluminio	TUBO MEDIO	1	105.40	105.40
23	Aluminio	RODILLO SMALL	2	22.00	44.00
24	Aluminio	EJE RODILLO D4	2	19.00	38.00
25	Aluminio	ANILLO RODILLO	2	35.00	70.00
26	Aluminio	TUBO SUPERIOR	1	80.00	80.00
27	Aluminio	EJE POLEAS	1	15.00	15.00
28	Aluminio	CAJA POLEAS	1	15.00	15.00
29	Aluminio	CONTACTO SUPERIOR	1	40.00	40.00
30	Aluminio	SOPORTE L RODILLOS	2	45.00	90.00
31	Aluminio	TUBO TRANSVERSAL	4	25.00	100.00
32	Aluminio	SOPORTES	4	60.00	240.00
Moneda:	Nuevos Soles				

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis

TESIS PUCP

Anotaciones:	-Cualquier modificación adicional, luego de aceptado el diseño, generará cargos adicionales que serán comunicados debidamente al cliente. -Según diseño propuesto. -Fabricación de las cantidades de piezas que señalen los planos. -Posibles variaciones en los vértices, sujetos a evaluación del cliente.		
Marca:	----------	**Valor Venta:**	**2278.20**
Forma de Pago:	Depósito Bancario.	**Otros Cargos:**	**------**
Forma de entrega:	En sus instalaciones 2 días hábiles después de remitida la O/C y el pago.	**IGV 18%:**	**410.08**
Validez de la oferta hasta:	18-11-2015	**Importe Total:**	**2688.28**

Agradeciendo a la atención que brinde a la presente, quedamos a su disposición para cualquier consulta que considere necesaria.

Atentamente
Harold R. La Chira Marquez
Chief Commercial Officer
STEINTRICES E.I.R.L. - 20546506470
harold.lachira@steintrices.com
Telephone: 511-4747393
Mobile Phone: 511-992627992
Calle Andrés Costello 190-San Luis //Av. Nicolás Arriola 1061-La Victoria-Lima-Perú
http://www.steintrices.com

Tesis publicada con autorización del autor
No olvide citar esta tesis