

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ**

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA**



**PONTIFICIA  
UNIVERSIDAD  
CATÓLICA  
DEL PERÚ**

**DISEÑO DE UN SISTEMA MECATRÓNICO MÓVIL PARA  
MONITOREO DE CONDICIÓN DE FAJAS TRANSPORTADORAS**

Tesis para optar el Título de **Ingeniero Mecatrónico**, que presenta el bachiller:

**Godofredo Esteban Chiu Castro**

**ASESORA: Elizabeth Villota**

Lima, octubre de 2018

## DEDICATORIA

A mis papás, Jessica y Godofredo, por ser mis principales guías y brindarme su constante soporte a lo largo de la carrera universitaria.

A mi hermana, Stephany, por alentarme y aconsejarme de la mejor manera en los momentos más difíciles.



## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por todo lo que soy y lo que tengo.

A mi asesora, la ing. Villota, por su constante apoyo y comprensión.

A mis profesores a lo largo de la carrera, por su dedicación y esfuerzo en sacar lo mejor de mí mismo a nivel académico y personal.

A mis amigos, por todas las experiencias y gratos momentos juntos.



# Resumen

El presente trabajo tiene como objetivo proponer un diseño mecatrónico que contribuya con la inspección del estado de los elementos mecánicos críticos en las fajas transportadoras en minería. El conocimiento del estado actual de los elementos mecánicos críticos facilita la toma de decisiones de mantenimiento y prolonga las horas de operación durante la jornada laboral.

Para afrontar el objetivo planteado se establecieron los requerimientos del sistema mecatrónico, entre los cuales los principales son: contar con un mecanismo de desplazamiento que sea capaz de monitorear las principales variables de los elementos mecánicos y que pueda ser controlado de manera remota, entre otros, para posteriormente establecer el concepto de solución, proponer alternativas de solución y diseño del sistema.

El diseño del sistema mecatrónico se describe a través de: diagrama de funcionamiento, hojas de datos del equipamiento involucrado, diagrama de flujo de la lógica de control del sistema y planos mecánicos.

Finalmente, se plantean las conclusiones, de los principales resultados obtenidos del diseño del sistema mecatrónico.



**TRABAJO DE FIN DE CARRERA PARA OPTAR  
EL TÍTULO DE INGENIERO MECATRÓNICO**

Título : Diseño de un sistema mecatrónico móvil para monitoreo de  
condición de fajas transportadoras  
Asesor : Elizabeth Villota Cerna, PhD.  
Alumno : Godofredo Esteban Chiu Castro  
Código : 20095623  
Tema N° : 66  
Fecha : 9 de diciembre del 2014



**Descripción y Objetivos**

El sector minero presenta nuevos desafíos para los próximos años. Por ejemplo, requiere innovación tecnológica que le permita disminuir sus costos operativos y de mantenimiento, y así incrementar su productividad. En efecto, se van a necesitar nuevos sistemas que contribuyan con el mantenimiento preventivo y predictivo de las máquinas y equipos, a fin de evitar las paradas imprevistas de producción que involucran grandes pérdidas de dinero.

Uno de los elementos más importantes en el proceso productivo minero, es la faja transportadora, ya que, se encarga de realizar el transporte del mineral desde la mina hacia la planta de concentrado. Las principales causas de falla de una faja transportadora, que pueden llevar a paradas imprevistas, son: excesivo impacto de las cargas, lo cual genera agrietamiento en la faja; desalineamiento de los polines, lo cual se refleja con la presencia de grietas en los bordes de la faja y un incremento de la temperatura de los polines cuando éstos están próximos a fallar; y desgaste de la faja, lo cual se puede evidenciar con la disminución del espesor de la faja.

En el presente trabajo se plantea como objetivo general diseñar un sistema mecatrónico móvil que permita el monitoreo de condición de fajas transportadoras, con la capacidad de transmitir información de parámetros importantes, tales como agrietamiento, temperatura, etc., a una estación de control. El sistema mecatrónico presenta cinco sistemas: un sistema de potencia, un sistema de desplazamiento, un sistema de monitoreo de condición de la faja transportadora, un sistema de control y un sistema de comunicaciones.

El documento se divide en 5 capítulos, en el primero se realiza la presentación de la problemática a la que se dará solución, en el segundo capítulo se presentan los requerimientos del sistema mecatrónico y el concepto de solución a la problemática, en el tercer capítulo se detalla el sistema mecatrónico solución, en el cuarto capítulo se detalla el presupuesto para implementar el sistema, finalmente en el quinto capítulo se muestran las conclusiones a las que se llegó con este trabajo.

*Elizabeth Villota Cerna*



*Godofredo Esteban Chiu Castro*

*7*

# Índice

<b>Listado de Figuras</b> .....	<b>I</b>
<b>Listado de Tablas</b> .....	<b>II</b>
<b>Introducción</b> .....	<b>III</b>
<b>Capítulo 1 Presentación de la problemática y propuesta de solución</b> .....	<b>1</b>
<b>Capítulo 2 Estado del arte</b> .....	<b>3</b>
2.1 <i>Productos comerciales</i> .....	3
<b>Capítulo 3 Requerimientos y diseño conceptual</b> .....	<b>4</b>
3.1 <i>Requerimientos</i> .....	4
3.2 <i>Estructura de funciones</i> .....	5
3.3 <i>Matriz morfológica</i> .....	10
3.4 <i>Conceptos de solución</i> .....	14
3.4.1 <i>Concepto de solución 1:</i> .....	14
3.4.2 <i>Concepto de solución 2:</i> .....	15
3.4.3 <i>Concepto de solución 3:</i> .....	16
3.5 <i>Evaluación de los conceptos de solución</i> .....	17
3.5.1 <i>Evaluación técnica</i> .....	17
3.5.2 <i>Evaluación económica</i> .....	18
<b>Capítulo 4 Diseño del sistema mecatrónico</b> .....	<b>20</b>
4.1 <i>Funcionamiento del sistema mecatrónico</i> .....	20
4.2 <i>Sensores, actuadores y sistemas de potencia y comunicaciones</i> .....	22
4.3 <i>Planos del sistema mecatrónico</i> .....	40
4.4 <i>Diagramas esquemáticos de los circuitos del sistema mecatrónico</i> .....	49
4.5 <i>Arquitectura de comunicaciones</i> .....	51
4.6 <i>Diagrama de flujo del programa de control</i> .....	54
<b>Capítulo 5 Costos</b> .....	<b>61</b>
<b>Capítulo 6 Conclusiones</b> .....	<b>63</b>
<b>Capítulo 7 Bibliografía</b> .....	<b>64</b>

# Listado de Figuras

Fig. 1-1 Fajas overland ST.....	2
Fig. 2-1 Steel cords monitoring(Harrison, 1985) .....	3
Fig. 2-2: Report of belt splice monitoring (Conveyor Experts B.V. , 2004).....	3
Fig. 2-3 Bucles de acero en fajas transportadoras, Kingdom Solutions .....	4
Fig. 3-1: Estructura de funciones.....	6
Fig. 3-2: Bloque de energía .....	7
Fig. 3-3: Bloque de sensores .....	7
Fig. 3-4: Bloque de control.....	8
Fig. 3-5: Bloque de comunicaciones .....	9
Fig. 3-6: Bloque de actuadores .....	9
Fig. 4-1 Diagrama de funcionamiento .....	20
Fig. 4-2 Sensor analógico inductivo IA40-FP-I3-P1 .....	23
Fig. 4-3 Sensor de temperatura CT-SF-15-C3 .....	24
Fig. 4-4 Encoder E50S8-500 .....	26
Fig. 4-5 Fixed Dome Camera.....	27
Fig. 4-6 DC gear motor .....	33
Fig. 4-7 Batería LiPo .....	35
Fig. 4-8 Convertidor DC-DC.....	36
Fig. 4-9 CPU 1214C .....	38
Fig. 4-10 Router Scalance M875 .....	39
Fig. 4-11 Plano de Ensamble General .....	40
Fig. 4-12: Plano de Estructura .....	41
Fig. 4-13: Simulación de deformaciones totales estructura .....	42
Fig. 4-14: Plano de soporte base .....	43
Fig. 4-15: Simulación de deformación Total - Vista lateral del Soporte Base.....	44
Fig. 4-16 Plano Soporte en L.....	45
Fig. 4-17 : Plano de bocina de llanta .....	46
Fig. 4-18: Soporte de batería.....	47
Fig. 4-19 Arquitectura de hardware .....	49
Fig. 4-20 Arquitectura de comunicaciones .....	53
Fig. 4-21 Diagrama de Flujo de Programa Principal .....	55
Fig. 4-22 Diagrama de Flujo: Recibir instrucciones del Servidor .....	56
Fig. 4-23 Diagrama de flujo: Ejecutar modos de operación .....	57
Fig. 4-24 Diagrama de flujo: Realizar inspección.....	59
Fig. 4-25 Diagrama de flujo: Control de posición y velocidad .....	60

# Listado de Tablas

Tabla 3-1: Matriz morfológica de energía .....	11
Tabla 3-2: Matriz morfológica Sensado .....	12
Tabla 3-3: Matriz morfológica de control .....	12
Tabla 3-4: Matriz morfológica comunicaciones .....	13
Tabla 3-5: Matriz morfológica actuadores .....	13
Tabla 3-6: Matriz morfológica mecánica .....	13
Tabla 3-7: Evaluación técnica de conceptos de solución .....	18
Tabla 3-8: Leyenda de evaluación técnica .....	18
Tabla 3-9: Evaluación económica de conceptos de solución .....	18
Tabla 3-10: Leyenda de evaluación económica .....	18
Tabla 4-1: Requerimientos del sensor inductivo .....	22
Tabla 4-2: Principales sensores inductivos .....	22
Tabla 4-3: Requerimientos del sensor de temperatura .....	23
Tabla 4-4: Principales sensores de temperatura .....	23
Tabla 4-5: Requerimientos del encoder .....	25
Tabla 4-6: Principales encoders .....	26
Tabla 4-7: Requerimientos de la cámara IP domo .....	27
Tabla 4-8: Principales cámaras IP domo .....	27
Tabla 4-9: Lista de pesos de componentes mecánicos .....	28
Tabla 4-10: Lista de pesos de componentes electrónicos .....	29
Tabla 4-11: Requerimientos del motor DC .....	33
Tabla 4-12: Principales motores DC .....	33
Tabla 4-13: Lista de consumos eléctricos de componentes electrónicos .....	34
Tabla 4-14: Requerimientos técnicos de baterías .....	35
Tabla 4-15: Principales baterías .....	35
Tabla 4-16: Requerimientos técnicos conversor DC-DC .....	36
Tabla 4-17: Principales conversores DC-DC .....	36
Tabla 4-18: Requerimientos de señales del controlador .....	37
Tabla 4-19: Principales controladores .....	37
Tabla 4-20: Características del módulo SM1234 .....	37
Tabla 4-21: Requerimientos técnicos del router de comunicaciones .....	38
Tabla 4-22: Principales routers industriales .....	39
Tabla 5-1: Costo de elementos mecánicos .....	61
Tabla 5-2: Presupuesto de la parte electrónica .....	62

# Introducción

El sector minero viene enfrentando grandes desafíos en los últimos años debido a la alta variabilidad en el precio de los minerales. En ese sentido, requiere innovación tecnológica que le permita disminuir sus costos operativos y de mantenimiento, y así incrementar su productividad [1]. Específicamente, este sector va a necesitar nuevos sistemas que contribuyan con el mantenimiento preventivo y predictivo de las máquinas [5], a fin de evitar las paradas imprevistas de producción que involucran grandes pérdidas de dinero. Uno de los elementos más importantes en el proceso productivo minero es la faja transportadora, ya que se encarga de realizar el transporte del mineral desde la mina hacia la planta de concentrado [4].

Las principales causas de falla de una faja transportadora que pueden llevar a paradas imprevistas son: excesivo impacto de las cargas en la faja, lo cual genera un agrietamiento en la parte central de las mismas; desalineamiento de los polines, lo cual se refleja con la presencia de grietas en los bordes de la faja y un incremento de la temperatura de los polines cuando estos están próximos a fallar; y desgaste de la faja, lo cual se puede evidenciar con la disminución del espesor en éstas. [2]. Ante esta problemática, la presente tesis propone como solución el diseño de un sistema móvil que lleve a cabo el monitoreo de las variables anteriormente presentadas; el sistema tendrá capacidad de recopilar información de la condición de la faja transportadora en distintas zonas importantes, tales como, la zona de tensión de la faja, la zona de carga de material y la zona de descarga.

El sistema propuesto está compuesto por los siguientes bloques funcionales: energía, mecánica, sensado, control, comunicaciones y actuadores. Este sistema podría bien desenvolverse en distintas aplicaciones mineras, petroleras, cerveceras, textiles y pesqueras, siendo minería el sector principal al cual ha sido orientado. El sistema será instalado en la parte inferior de la faja y realizará su desplazamiento sobre un riel, el cual estará instalado sobre la estructura de la faja. Desde allí realizará el monitoreo de la condición de la faja para luego transmitir los datos a un servidor externo. De esta manera, se contribuye con la mejora del mantenimiento preventivo de los principales componentes a fin de prolongar el tiempo de servicio de la faja transportadora.

# Capítulo 1 Presentación de la problemática y propuesta de solución

Hoy en día la minería afronta grandes retos, de los cuales el principal es aumentar la productividad. Esto se puede conseguir por medio de un riguroso control de los costos y la innovación en tecnologías que contrarresten el incremento de los costos energéticos y de los insumos [1].

En la actualidad, ya se vienen desarrollando dos principales estrategias de solución. En primer lugar, se está buscando mejorar la eficiencia con tecnología, lo cual implica la visualización y monitoreo de sus operaciones con la finalidad de identificar ineficiencias operacionales para su posterior corrección. En segundo lugar, se aplica el Internet de las Cosas a los equipos más importantes de la producción. Esto consiste en recopilar la información del estado de las máquinas por medio de sensores, así pues, la máquina reporta cuando requiere que le realicen mantenimiento, antes de que deje de funcionar [3]. Ambas estrategias contribuyen con el mantenimiento de los equipos: mejoran la programación de mantenimiento preventivo de las máquinas y permiten identificar fallas en desarrollo de los sistemas a fin de anticiparse a su detención.

Uno de los elementos más importantes en el proceso productivo minero es la faja transportadora, ya que este elemento se encarga de transportar el mineral desde la mina hasta la planta procesadora o dentro de la misma planta.

Las principales causas de rotura de la faja transportadora son: excesivo impacto de las cargas en la parte central de la faja, lo cual genera un agrietamiento en la parte central de ésta; desalineamiento de los polines, lo cual se refleja con la presencia de grietas en los bordes de la faja y un incremento de la temperatura de los polines cuando están próximos a fallar; y desgaste de la faja, lo cual se puede evidenciar con la disminución del espesor de la faja [2]. Por este motivo, realizar un monitoreo de estas variables de interés facilitará las labores de mantenimiento relacionadas con la faja transportadora.

Ante esta problemática, la presente tesis propone como solución un sistema mecatrónico teleoperado para monitoreo de condición de fajas transportadoras. El sistema será capaz de monitorear las variables de interés anteriormente mencionadas y de desplazarse sobre un riel, este último será instalado en la parte

inferior de la estructura de la faja; el desplazamiento del sistema mecatrónico permitirá recopilar información relevante de distintas zonas de operación.

Las fajas transportadoras consideradas para el diseño del sistema son las más utilizadas en minería: textiles (correas EP), lona simple y lona con refuerzo de cables de acero (correas ST), las cuales transportan polimetálicos y abarcan distancias desde los 10 m hasta 100 km (Fig. 1-1) que, por su ubicación remota, son de difícil acceso. A estas fajas se les vulcaniza unos bucles de acero, comúnmente llamados antenas, los cuales se encuentran instalados cada 25 m, 50 m, 100 m, 200 m de la faja y permiten evaluar los cortes longitudinales y transversales a través del sensado del estado de los mismos con dispositivos inductivos.



Fig. 1-1 Fajas overland ST

Fuente: ROTRANS S.A

El sistema propuesto presenta tres principales características. La primera, realiza el monitoreo de la condición de la faja transportadora mediante el sensado y transmisión de parámetros importantes, como la dimensión del agrietamiento central y lateral de la faja, espesor de la faja, temperatura de los polines; además de realizar la inspección visual mediante la transmisión de video con una cámara IP.

La segunda, tiene la capacidad de ser teleoperado. En otras palabras, se puede controlar el desplazamiento del sistema y visualizar la ubicación del mismo desde un centro de operación.

La tercera, tiene la capacidad de integrarse a sistemas de control de operaciones en tiempo real. Esto permite identificar ineficiencias de la operación y contribuir con la planificación del mantenimiento preventivo y predictivo de los equipos.

## Capítulo 2 Estado del arte

En el presente capítulo se describen los productos comerciales en minería que actualmente se utilizan para la inspección de fajas transportadoras.

### 2.1 Productos comerciales

En la Figura 2.1 se muestra la solución ofrecida por Harrison en el año 1985, la cual consiste en lo siguiente: en primer lugar, se vulcanizan cordones de acero en el interior de las fajas transportadoras; en segundo lugar, se magnetizan dichos cordones con la finalidad de obtener la respuesta de los cordones ante la presencia de un campo magnético; en tercer lugar, dicha respuesta es medida y posteriormente analizada para establecer respuestas referencias según la condición de la faja transportador. Por ejemplo, en la Figura 2.2 se muestra la comparación de la respuesta del campo magnético ante una faja sin la presencia de cortes (lado izquierdo) y ante la presencia de un corte en la faja transportadora (lado derecho).

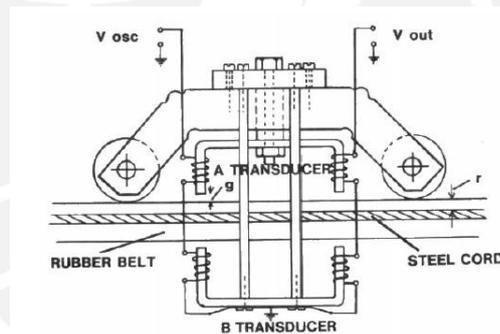


Fig. 2-1 Steel cords monitoring (Harrison, 1985)

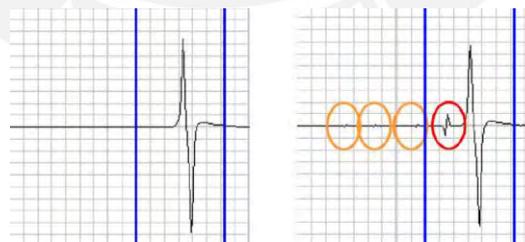


Fig. 2-2: Report of belt splice monitoring (Conveyor Experts B.V., 2004)

En la Figura 2-3 se muestra la solución ofrecida por Kingom Solutions, la cual consiste en lo siguiente: en primer lugar, se realiza la vulcanización de bucles de acero, generalmente llamados “antenas”, en el interior de la faja transportadora cada 20, 50, o 100 metros. En segundo lugar, se instalan dos sensores inductivos (un emisor y un receptor), ubicados en la estructura de la faja transportadora, con la finalidad de medir el estado de los bucles de acero y de esta manera predecir la condición de la faja transportadora. En tercer lugar, dicha condición es transmitida

hacia su panel local HMI para una supervisión local y hacia los sistemas de control existentes en la planta para una supervisión remota.



Fig. 2-3 Bucles de acero en fajas transportadoras, Kingdom Solutions

## Capítulo 3 Requerimientos y diseño conceptual

### 3.1 Requerimientos

Los requerimientos necesarios para el diseño del sistema mecatrónico se dividen en tres grupos: mecánicos, electrónicos y control. A continuación se describen cada uno de ellos.

#### 3.1.1 Requerimientos físicos – mecánicos

- ✓ El sistema debe contar con un mecanismo de desplazamiento, el cual permitirá realizar la inspección en distintas zonas de operación de la faja transportadora.
- ✓ El sistema debe tener la capacidad de desplazarse sobre superficies planas e inclinadas.
- ✓ El sistema debe contar con una protección para los sensores y actuadores frente a condiciones adversas como lluvia, polvo, humedad, temperatura.
- ✓ El mantenimiento del sistema debe ser sencillo.
- ✓ El sistema debe ser seguro para el operario.

### 3.1.2 Requerimientos electrónicos

- ✓ El sistema debe contar con su propio suministro de energía y una autonomía de por lo menos 2 hrs.
- ✓ El sistema debe ser capaz de comunicarse con una estación de control.
- ✓ El sistema debe ser capaz de monitorear el agrietamiento de la faja tanto en la parte central como lateral.
- ✓ El sistema debe ser capaz de monitorear el espesor de la faja transportadora.
- ✓ El sistema debe ser capaz de monitorear la temperatura de los polines de la faja transportadora.

### 3.1.3 Requerimientos de control

- ✓ El sistema debe ser capaz de ser controlado de manera remota, recibir y enviar información desde y hacia una estación de control.
- ✓ El sistema debe ser capaz de procesar la información obtenida por los sensores.
- ✓ El sistema debe ser capaz de controlar su desplazamiento.
- ✓ El sistema debe contar con alarmas frente a posibles fallas en desarrollo.

## 3.2 Estructura de funciones

En la Fig. 3-1, se presenta la estructura de funciones del sistema. Dicha estructura se subdivide en los siguientes bloques: energía, mecánica, sensores, control, comunicación, interfaz y actuadores; los cuales son descritos a continuación.

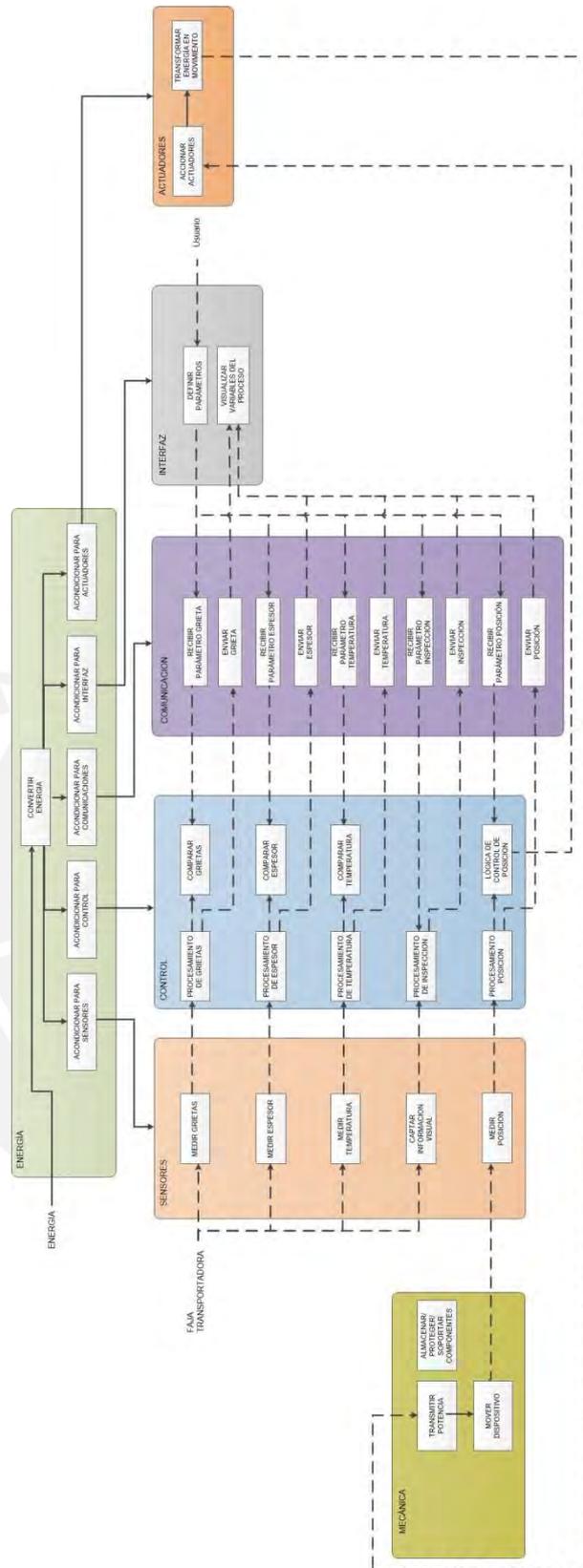


Fig. 3-1: Estructura de funciones  
Fuente: Elaboración propia

### Bloque de energía

En la Fig. 3-2, se presenta el bloque de energía cuya función principal es suministrar la energía necesaria a los bloques de sensores, control, comunicación, interfaz y actuadores. Para realizarlo, el bloque convierte y distribuye la fuente de energía hacia los bloques anteriormente mencionados.

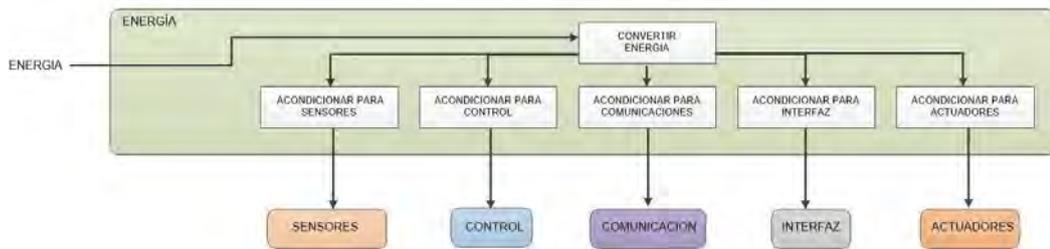


Fig. 3-2: Bloque de energía  
Fuente: Elaboración propia

### Bloque de sensores

En la Fig. 3-3 se presenta el bloque de sensores cuya función es medir las siguientes variables del proceso: dimensión de grietas, espesor de la faja, temperatura de los polines, posición actual y realizar una inspección visual. Luego, dichas señales son transmitidas hacia el bloque de control para su posterior procesamiento.

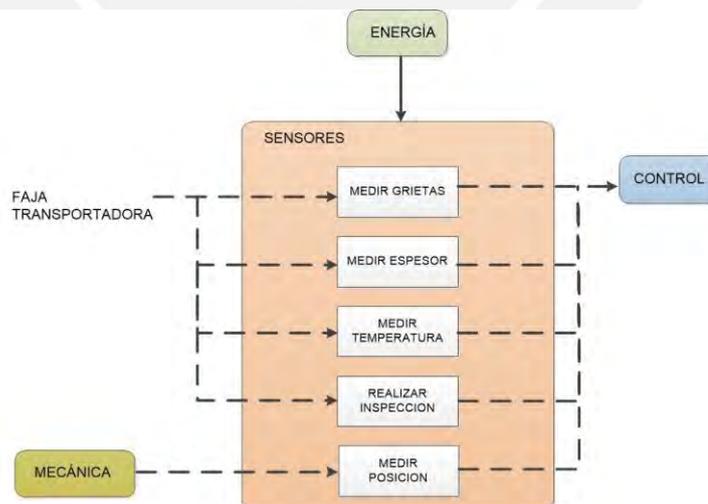


Fig. 3-3: Bloque de sensores  
Fuente: Elaboración propia

### Bloque de control

En la Fig. 3-4 se presenta el bloque de control el cual se encarga de realizar el procesamiento de las señales medidas por el bloque de sensores. En adición, realiza las siguientes funciones: monitoreo de condición de la faja transportadora y control de posición del sistema. En primer lugar, para el monitoreo de condición compara la lectura de las variables actuales del proceso con los parámetros admisibles para posteriormente ser transmitidos hacia el bloque de comunicaciones. En segundo lugar, para el control de posición se recibe la posición actual y se ejecuta la lógica de control necesaria para obtener la posición deseada.

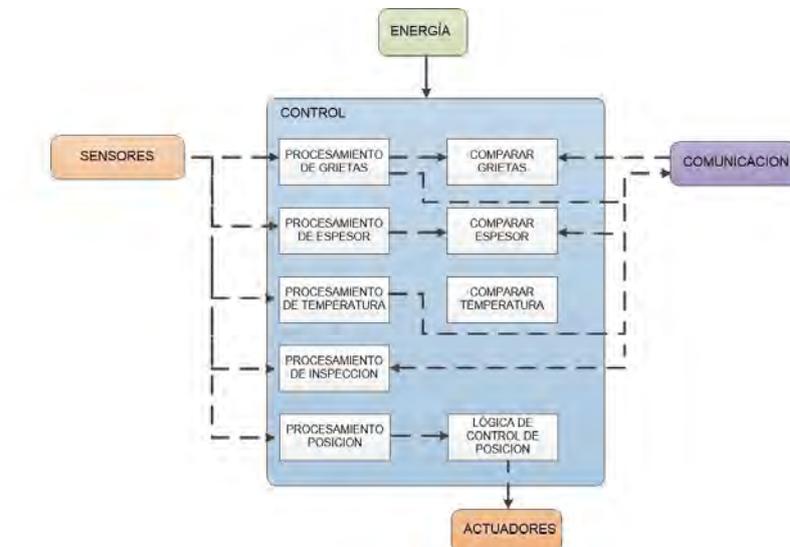


Fig. 3-4: Bloque de control  
Fuente: Elaboración propia

### Bloque de comunicaciones

En la Fig. 3-5 se presenta el bloque de comunicaciones el cual se encarga de transmitir los parámetros de referencia admisibles de las variables del proceso; como por ejemplo, grietas, espesor, temperatura, entre otras, desde el bloque de interfaz hacia el bloque de control. Además, realiza el envío de las señales actuales de las variables del proceso hacia el bloque de interfaz para su visualización desde una estación de control.

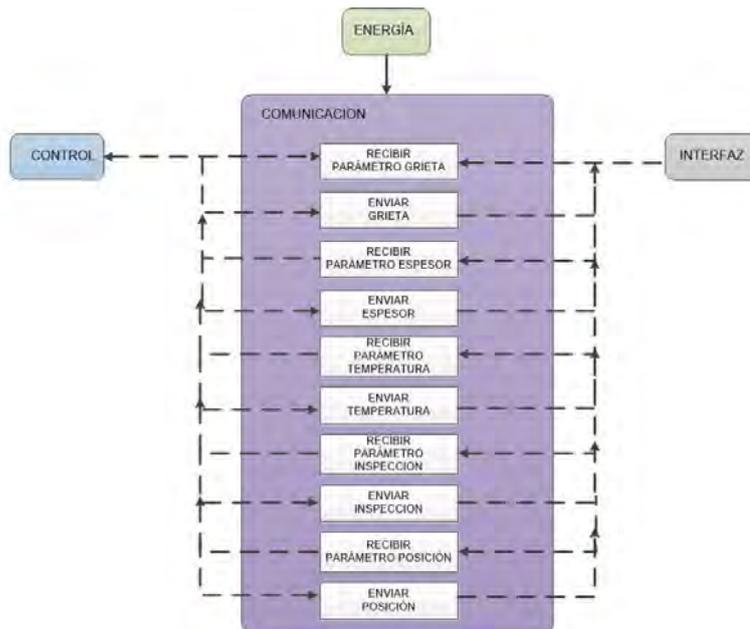


Fig. 3-5: Bloque de comunicaciones  
Fuente: Elaboración propia

### Bloque de actuadores

En la Fig. 3-6 se presenta el bloque de actuadores cuya función principal es transformar la energía suministrada en movimiento para desplazar el sistema. El movimiento del sistema es regulado por el bloque de control.



Fig. 3-6: Bloque de actuadores  
Fuente: Elaboración propia

### Bloque de mecánica

En la Fig. 3-7 se presenta el bloque de mecánica cuya función principal es transmitir la potencia hacia los elementos mecánicos finales; en adición, almacena, protege y soporta a los componentes presentes en el sistema.

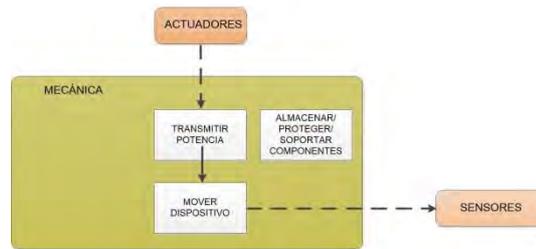


Fig. 3-7: Bloque de mecánica  
Fuente: Elaboración propia

### Bloque de interfaz

En la Fig. 3-8 se presenta el bloque de interfaz cuya función principal es la transmitir los parámetros del usuario hacia el bloque de comunicaciones. Además, permite la visualización de todas las variables del proceso en tiempo real. Cabe resaltar que el presente bloque no es alcance del trabajo por encontrarse en la estación de control.

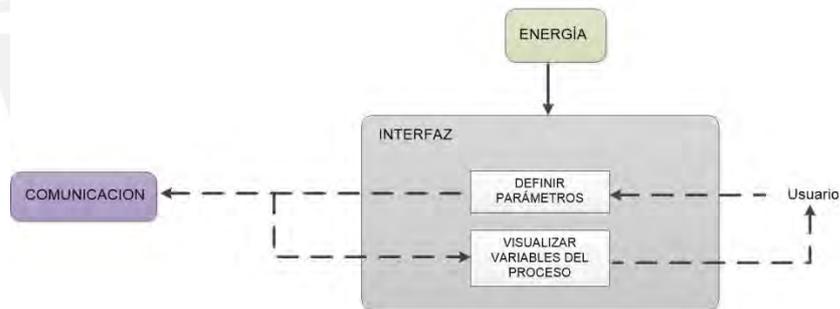


Fig. 3-8: Bloque de interfaz  
Fuente: Elaboración propia

### 3.3 Matriz morfológica

Teniendo como referencia la estructura de funciones anteriormente presentada, se realiza la evaluación de las diferentes alternativas de solución a fin de satisfacer las funciones requeridas. La correcta combinación de las distintas alternativas de solución dará origen al concepto de solución.

A continuación se presenta las tablas morfológicas de las principales funciones expuestas anteriormente

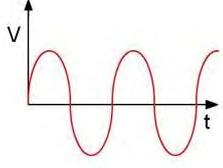
Dominio	Funciones	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Energía	Energía	AC 	DC 	Baterías 
	Convertir Energía	Fuente de Alimentación General 	Fuentes de alimentación independientes 	
	Acondicionar Señales	Diseñar circuito de acondicionamiento 	Transmisores de sensores normalizados 	

Tabla 3-1: Matriz morfológica de energía  
Fuente: Elaboración propia

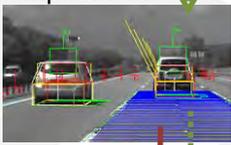
Dominio	Funciones	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Sensado	Sensar Posición	Encoder 	Sensor ultrasónico 	Sensor inductivo 
	Sensar Temperatura	Cámara termográfica 	Sensor infrarrojo 	
	Sensar Grietas	Visión por computadora 	Sensor inductivo 	Sensor ultrasónico 
	Sensar Espesor	Sensor ultrasónico 	Sensor inductivo 	Sensor Capacitivo 

Tabla 3-2: Matriz morfológica Sensado  
Fuente: Elaboración propia

Dominio	Funciones	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Control	Procesador	PC 	PLC 	Arduino 

Tabla 3-3: Matriz morfológica de control  
Fuente: Elaboración propia

Dominio	Funciones	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Comunicaciones	Enviar / Recibir Parámetros	Router 	Módulo de comunicaciones 	

Tabla 3-4: Matriz morfológica comunicaciones  
Fuente: Elaboración propia

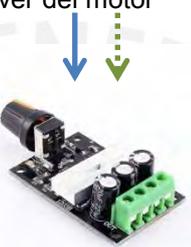
Dominio	Funciones	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Actuadores	Accionar Actuador	Driver del motor 	Contactores 	Diseñar driver 

Tabla 3-5: Matriz morfológica actuadores  
Fuente: Elaboración propia

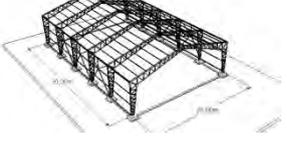
Dominio	Funciones	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3
Mecánica	Transformar potencia y mover dispositivo	Reductor 	Engranajes 	Acople 
	Almacenar, proteger, soportar componentes	Tablero de control 	Estructura + Carcasa 	Carcasa 

Tabla 3-6: Matriz morfológica mecánica  
Fuente: Elaboración propia

Concepto de solución 1	
Concepto de solución 2	
Concepto de solución 3	

### 3.4 Conceptos de solución

#### 3.4.1 Concepto de solución 1:

Esta solución (ver Fig. 3-9) consiste en: en primer lugar, el suministro de energía es realizado por las baterías, las cuales ofrecen una energía constante y libre de armónicos. En adición, la conversión de la alimentación principal se realiza a través de una fuente de alimentación general hacia los distintos niveles de voltaje requeridos por los equipos. Además, se utilizan transmisores de señales normalizadas con la finalidad de homogenizar los niveles de voltaje de la instrumentación y dispositivos de control. En segundo lugar, para el sensado de variables se utiliza lo siguiente: un encoder, para obtener la posición actual del sistema; sensores infrarrojos, para la medición de la temperatura de los polines; sensores inductivos analógicos, para la estimación del tamaño de las grietas y espesor de la faja transportadora en función al estado de los bucles de acero vulcanizados. En tercer lugar; para el procesamiento de señales, control y comunicaciones, se ha escogido el uso de un PLC en conjunto con un router industrial. De manera que el router le permita acceder a una red inalámbrica existente de la planta para fines de integración al sistema de control principal. En cuarto lugar, para el control y transmisión de potencia del sistema, se cuenta con un driver por cada motor los cuales controla la inyección de corriente hacia los motores y la transmisión de potencia entre el motor y las llantas y movimiento del dispositivo se realiza a través de un acople directo. Finalmente, el almacenamiento, protección y soporte de los componentes internos es realizado por una Estructura (ver Fig. 3-8) y una carcasa (ver Fig. 3-9).

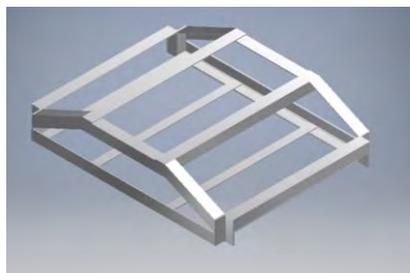


Fig. 3-8 Estructura de soporte de concepto de solución 1

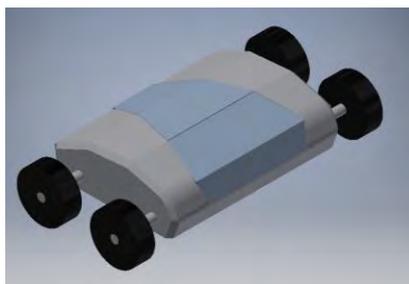


Fig. 3-9 Concepto de solución 1

#### 3.4.2 Concepto de solución 2:

Esta solución (ver Fig. 3-10) consiste en lo siguiente: en primer lugar, el suministro de energía se realizará desde una toma de energía DC, la cual deberá estar acompañada de un sistema enrollador de cable de energía. Además, de contar con una fuente de alimentación general que convierta la tensión de alimentación principal en los distintos niveles de voltaje requeridos por los equipos y transmisores normalizados con la finalidad de homogenizar las señales de instrumentación y dispositivos de control en señales industriales estándar. En segundo lugar, se utilizan los siguientes sensores para obtener las variables del proceso: encoder, se utiliza para obtener el desplazamiento lineal del sistema en función al desplazamiento angular; cámaras termográficas, para la obtención en tiempo real de la temperatura de los polines; una cámara IP, para la estimación de la grieta en función de un algoritmo de visión por computadora; sensor ultrasónico, para el registro del espesor de la faja en función a la distancia entre el sensor y la faja. En tercer lugar; esta solución cuenta con un arduino y una pc para el procesamiento de las señales y control del sistema. El arduino, recopila las señales de instrumentación propia del sistema y la pc integra las señales proporcionadas por la cámara termográfica y cámara IP, las cuales son procesadas y enviarlas hacia un servidor externo por medio del router. En cuarto lugar, el sistema cuenta con drivers para el control del suministro de energía hacia los motores y la transmisión entre el eje del motor y la llanta y movimiento del dispositivo se realiza a través de un acople directo. Finalmente, el almacenamiento, protección y soporte de los componentes internos es realizado tablero de control.

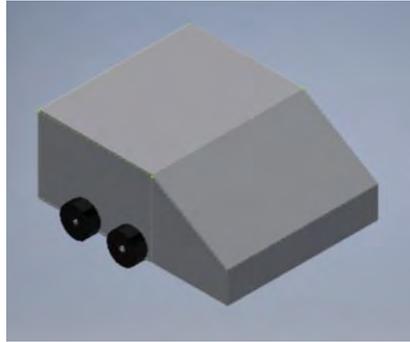


Fig. 3-10 Concepto de solución 2

### 3.4.3 Concepto de solución 3:

Finalmente, esta solución (ver Fig. 3-11) consiste en lo siguiente: en primer lugar; el suministro de energía proviene de una toma de corriente AC, la cual deberá contar con un sistema enrollador de cable de energía. Además, cuenta con fuentes de alimentación independientes para cada nivel de voltaje requerido, lo cual permite independizar los niveles de voltaje y ante un inconveniente con una de las fuentes, el sistema podrá seguir operando con las demás fuentes disponibles. En adición, cuenta con un circuito de acondicionamiento de señales diseñado a la medida. En segundo lugar, cuenta con un encoder para la estimación del desplazamiento lineal del sistema en función del desplazamiento angular de la rueda. En adición, cuenta con un sensor infrarrojo para el registro de la temperatura de los polines. Además, cuenta una cámara para la estimación de las grietas en función a la imagen recopilada y tiene un sensor ultrasónico para la estimación del espesor de la faja en función a la distancia entre el sensor y la faja. En tercer lugar, esta solución cuenta con un PLC y un módulo de comunicaciones para el procesamiento de las señales, control y comunicaciones del sistema. El módulo de comunicaciones se conecta directamente al PLC y permite la conexión con un servidor externo a través de una red inalámbrica. En cuarto lugar, el sistema cuenta con un accionamiento de los motores AC por medio de contactores y transmite la potencia del sistema y movimiento del dispositivo por medio de un reductor en cada motor. Finalmente, el almacenamiento, protección y soporte de los componentes internos es realizado por una estructura y una carcasa.

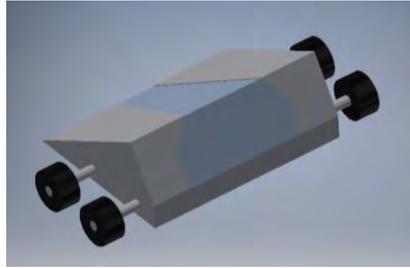


Fig. 3-11 Concepto de solución 3

### 3.5 Evaluación de los conceptos de solución

Esta evaluación se lleva a cabo mediante la recomendación VDI 2225, en la cual se califican los conceptos bajo criterios técnicos y económicos.

#### 3.5.1 Evaluación técnica

Los criterios para el análisis técnico son los siguientes:

- Performance
- Operación
- Mantenimiento
- Seguridad

Los criterios para el análisis económico son los siguientes:

- Costo de componentes
- Costo de reemplazo de piezas

En la Tabla 3-7 se presenta la evaluación técnica de los tres conceptos de solución propuestos y en la Tabla 3-9 su evaluación económica respectiva, cada una con su respectiva leyenda. En adición, para tener una referencia en las comparaciones cada propuesta de solución se compara con una supuesta solución ideal.

Criterios de evaluación técnica para diseño de conceptos										
Variantes de concepto		Sol 1			Sol 2		Sol 3		Sol ideal	
N°	Criterio de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Performance	4	4	16	3	12	3	12	4	16
2	Operación	4	3	12	3	12	3	12	4	16
3	Mantenimiento	2	2	4	2	4	2	4	4	8
4	Seguridad	3	3	9	3	9	3	9	4	12
	Puntaje máximo Sp o Sgp		12	41	11	37	11	37	16	52
	Valor técnico Xi		0.75	0.79	0.69	0.71	0.69	0.71	1	1

Tabla 3-7: Evaluación técnica de conceptos de solución  
Fuente: Elaboración propia

Leyenda	
<p>p: Puntaje de 0 a 4 (según VDI 2225)  0 = No me satisface, 1=Apenas aceptable, 2=Suficiente, 3=Bien, 4=Excelente(Ideal)  g: Peso ponderado en función a la importancia de los criterios de evaluación</p>	

Tabla 3-8: Leyenda de evaluación técnica  
Fuente: Elaboración propia

### 3.5.2 Evaluación económica

Criterios de evaluación económica para diseño de conceptos										
Variantes de concepto		Sol 1			Sol 2		Sol 3		Sol ideal	
N°	Criterio de evaluación	g	p	gp	p	gp	p	gp	p	gp
1	Costo de componentes	4	3	12	4	16	2	8	4	16
2	Costo de reemplazo de piezas	3	3	9	3	9	2	6	4	12
	Puntaje máximo Sp o Sgp		6	21	7	25	4	14	8	28
	Valor técnico Xi		0.75	0.75	0.88	0.89	0.50	0.50	1	1

Tabla 3-9: Evaluación económica de conceptos de solución  
Fuente: Elaboración propia

Leyenda	
<p>p: Puntaje de 0 a 4 (según VDI 2225)  0 = No me satisface, 1=Apenas aceptable, 2=Suficiente, 3=Bien, 4=Excelente(Ideal)  g: Peso ponderado en función a la importancia de los criterios de evaluación</p>	

Tabla 3-10: Leyenda de evaluación económica  
Fuente: Elaboración propia

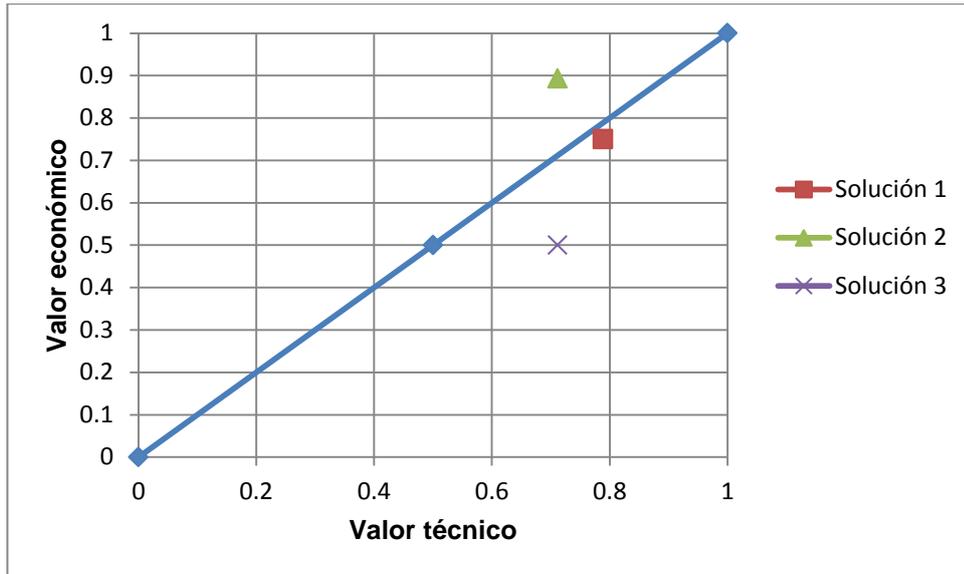
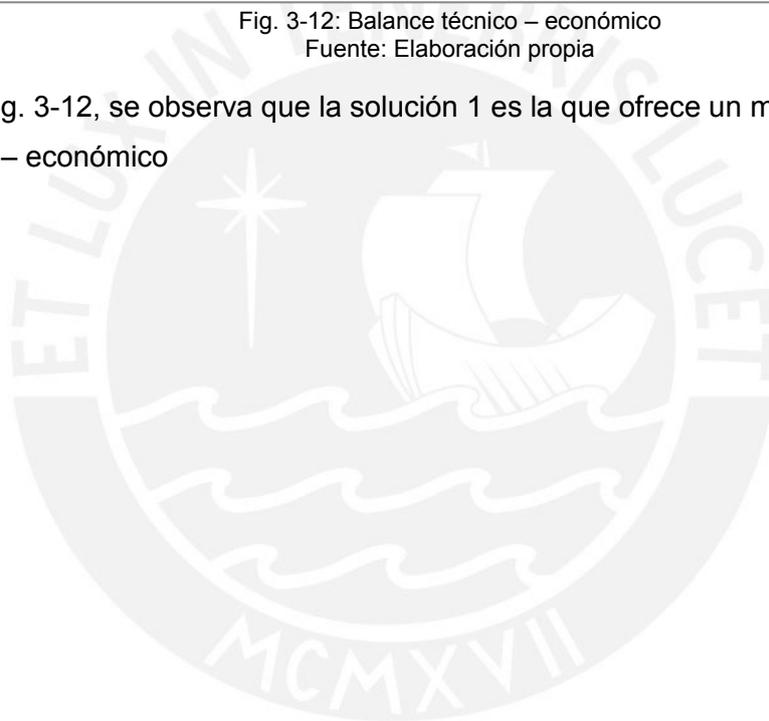


Fig. 3-12: Balance técnico – económico  
Fuente: Elaboración propia

De la Fig. 3-12, se observa que la solución 1 es la que ofrece un mejor balance técnico – económico



# Capítulo 4 Diseño del sistema mecatrónico

En el presente capítulo se describe el proceso de diseño del sistema mecatrónico. En primer lugar, se presenta la integración de los bloques de concepto en subsistemas funcionales. En segundo lugar, se realiza la selección y diseño de los componentes más importantes.

## 4.1 Funcionamiento del sistema mecatrónico

En la Fig. 4-1 se muestra el diagrama de funcionamiento del sistema mecatrónico, el cual se conforma por cuatro subsistemas y sus correspondientes elementos.

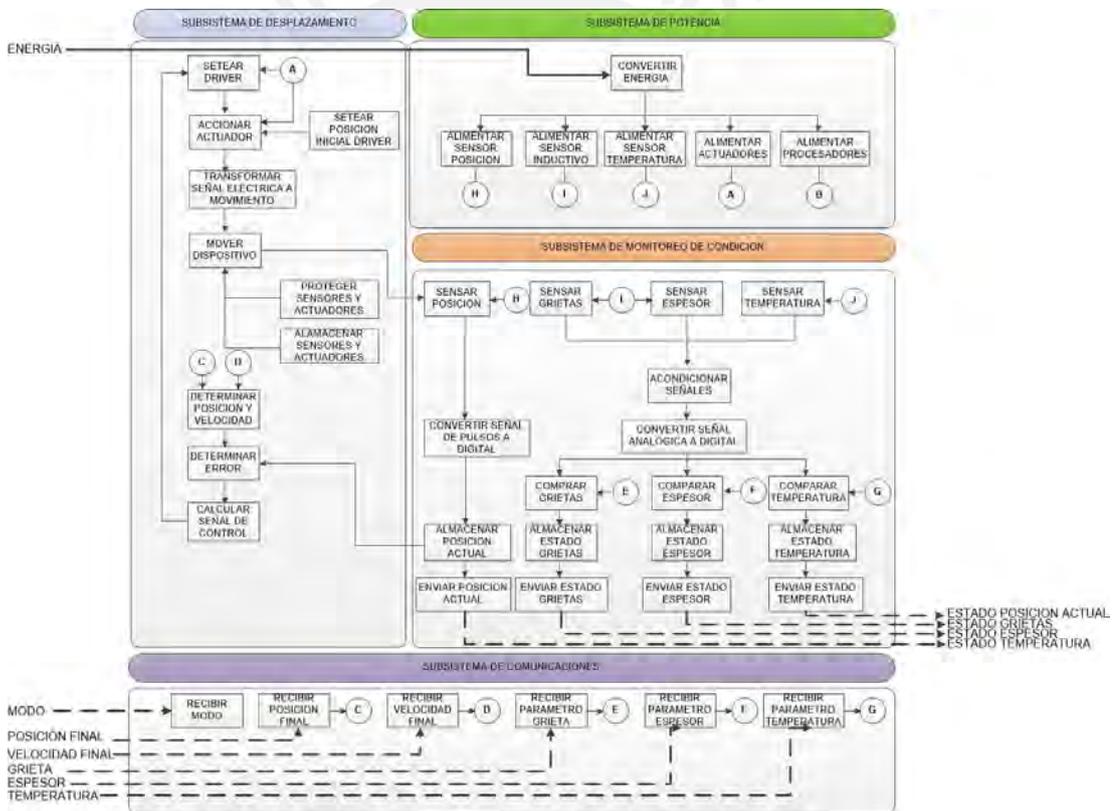


Fig. 4-1 Diagrama de funcionamiento

Fuente: Elaboración propia

### Subsistema de potencia

Está conformado por las baterías, el convertidor DC-DC ATX - 12 V y la tarjeta de distribución de tensión. Este sistema se encarga de convertir la energía eléctrica de las baterías por medio del convertidor DC-DC a distintos niveles de tensión: 24 V, 12 V y 5 V; además, distribuye la tensión de 24 V por medio de la tarjeta de

distribución. De esta manera, suministra la energía a los subsistemas de desplazamiento, monitoreo de parámetros y de comunicaciones.

#### Subsistema de desplazamiento

Está conformado por los encoders, driver, motores, acoplamientos, ruedas, y es controlado por el CPU. Este sistema se encarga de medir el desplazamiento del vehículo por medio del encoder, para ello recibe el número de pulsos de éste, los cuales equivalen a una distancia recorrida durante un cierto tiempo, con ello se puede medir la posición y velocidad del vehículo. Luego, se compara la posición con el valor de referencia y por medio del módulo PID del CPU se calcula la señal de control. Dicha señal de control se le transmite al driver, el cual regula la tensión suministrada a los motores.

#### Subsistema de monitoreo de condición

Está conformado por los sensores inductivos, sensor de temperatura y cámara IP. Este subsistema realiza el monitoreo de los siguientes parámetros: temperatura de los polines, mediante los sensores de temperatura; dimensión del agrietamiento y espesor de la faja, por medio de los sensores inductivos; y permite una inspección visual, por medio de la cámara IP. En primer lugar, la temperatura de los polines es sensada y comparada con los parámetros de alarma y parada fijados. En caso de presentarse una alta temperatura en uno de los polines monitoreados, el sistema emitirá una alarma visual en la pantalla de operación. En segundo lugar, la dimensión de la grieta es sensada y estimada en función al estado del bucle de acero vulcanizado en la faja. El espesor de la faja se sensará y estimará en función a la distancia entre los sensores y bucles de acero. De presentarse una grieta de tamaño considerable o desgaste excesivo de la faja que supere los límites admisibles fijados en el sistema se emitirá la alarma correspondiente. Finalmente, se realiza una inspección visual de las fallas a través de la cámara IP, la cual permitirá hacer acercamientos, registrar evidencia fotográfica para un posterior análisis de falla.

#### Subsistema de comunicaciones

Está compuesto por el router y el CPU Siemens. Este sistema se encarga de realizar la transmisión de la información por medio del router. Para ello se configuran los puertos de éste de modo que pueda comunicarse con un servidor de datos. Este último no es objetivo de la presente tesis.

## 4.2 Sensores, actuadores y sistemas de potencia y comunicaciones

A continuación se presenta el proceso de selección de los componentes electrónicos, el cual consiste en la selección de las distintas alternativas de solución en base a los requerimientos técnicos para el diseño.

### 3.2.1 Selección del sensor inductivo

Con el fin de estimar la dimensión de la grieta y espesor de la faja será necesario utilizar un sensor inductivo que cumpla los siguientes requerimientos definidos en la Tabla 4-1:

Parámetro	Valor
Rango de medición	0-40mm
Señal normalizada	4-20 mA
Grado de protección IP mínima	IP65

Tabla 4-1: Requerimientos del sensor inductivo  
Fuente propia

En la tabla 4-2 se presentan las principales alternativas de selección de sensores inductivos.

Sensor inductivo	Rango de medición	Señal de salida	Grado de protección IP
IA40-FP-I3-P1	15-40 mm	4-20 mA	IP67
IA6-12GM50-IU-V1	0-6 mm	4-20 mA	IP67
MKZ 120.194	0-120 mm	4-20 mA	IP65

Tabla 4-2: Principales sensores inductivos  
Fuente Propia

Se selecciona el sensor inductivo IA40-FP-I3-P1 que cumple con el rango de medición requerido. Además, cumple con el grado de protección requerido para la aplicación.

Este sensor realizará la función de estimar la dimensión de una grieta. Para ello detecta el área efectiva del bucle de acero presente en la superficie de la faja, consecuentemente, emitirá una señal eléctrica de salida de 4-20 mA según la superficie de acero detectada. Esta señal eléctrica será procesada y linealizada por el CPU al rango de medición de 15 – 40 mm. Es decir, al

detectar un bucle de acero a 15 mm emitirá 4 mA y al detectar un bucle de acero a 40mm emitirá una señal de 20 mA. Por ejemplo, ante una grieta de dimensión considerable emitirá una señal de salida de poca magnitud debido a que la superficie detectada es mínima; además mide el espesor de la faja, ya que el sistema va a estar instalado a una distancia fija de la ésta, por lo que se podrá medir la variación del espesor de la faja.



Fig. 4-2 Sensor analógico inductivo IA40-FP-I3-P1

Fuente: NEX Instrument

#### 4.2.2 Selección del sensor infrarrojo de temperatura

Con el fin de medir la temperatura de los polines de la faja transportadora será necesario utilizar un sensor de temperatura que cumpla los siguientes requerimientos descritos en la Tabla 4-3:

Parámetro	Valor
Rango de medición	0- 60°C
Señal normalizada	4-20 mA
Grado de protección IP mínima	IP65

Tabla 4-3: Requerimientos del sensor de temperatura  
Fuente propia

En la tabla 4-4 se presentan los principales alternativas de selección de sensores de temperatura.

Sensor de temperatura	Rango de medición	Señal de salida	Grado de protección IP
CT-SF-15-C3	-50 – 600°C	4-20 mA	IP65
PYROUSB	-40 – 1000°C	4-20 mA	IP65
OMEGA	-18 – 202 °C	4-20 mA	IP66

Tabla 4-4: Principales sensores de temperatura  
Fuente Propia

Se selecciona el sensor inductivo CT-SF-15-C3 por cumplir con el rango de medición requerido para esta aplicación. Además, cumple con el grado de protección requerido para la aplicación.



Fig. 4-3 Sensor de temperatura CT-SF-15-C3

Fuente: EPSILON

El sensor de temperatura CT-SF-15-C3 es un sensor infrarrojo de temperatura que junto con su controlador cumplen la función de sensar la temperatura de los polines. Para ello, convierte el rango de medición de temperatura de  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  a  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ , a una señal eléctrica normalizada de 4 a 20mA mediante el controlador.

Este sistema cuenta con protección IP65, la cual garantiza la total protección frente a polvo y chorros de agua a baja presión de todas las direcciones.

#### 4.2.3 Selección del Encoder

Con el fin de medir el desplazamiento del sistema mecatrónico se requiere seleccionar un encoder que cuente con la resolución adecuada. A continuación se presenta el cálculo de la resolución requerida.

Para ese análisis, se realiza el siguiente procedimiento:

- El desplazamiento lineal del vehículo es 1cm
- Con la relación:

$$\text{Longitud recorrida} = \theta \times \text{radio.}$$

Donde:

Longitud recorrida: longitud de desplazamiento lineal

$\theta$  : ángulo de giro en rad

radio: radio de la rueda

- Se obtiene el ángulo de giro en rad

$$\theta = \frac{L}{R},$$

$$\theta = \frac{1cm}{7.62cm},$$

$$\theta = 0.131 \text{ rad.}$$

- Conversión del ángulo a grado sexagesimales

$$\theta = 0.131 \text{ rad} \times \frac{360}{2 \times \pi},$$

$$\theta = 7.506^\circ.$$

- La definición de resolución del encoder es:

$$\text{Resolución} = \frac{360}{N}.$$

Donde:

N: Número de pulsos por revolución.

$$N = 47.962 \text{ pulsos por revolución.}$$

- Para esta aplicación, se deberá seleccionar como mínimo un encoder de 48PPR(Pulsos por Revolución).

En la Tabla 4-5 se presentan los principales requerimientos del encoder para su selección.

Parámetro	Valor
Resolución	48 PPR
Fuente de Alimentación	24 VDC
Grado de protección IP mínima	IP50

Tabla 4-5: Requerimientos del encoder  
Fuente propia

En la Tabla 4-6 se presentan los principales alternativas de selección de encoder.

Encoder	Resolución	Fuente de alimentación	Grado de protección IP
M50SA- MAXWELL	500	24 VDC	IP50
Autonic E50S8-500-3-T-24	500	24 VDC	IP65
KUBLER	500	24 VDC	IP64

Tabla 4-6: Principales encoders  
Fuente Propia

Se selecciona el encoder Autonic E50S8-500 por contar con la resolución requerida para la aplicación y mayor grado de protección IP que sus alternativas.



Fig. 4-4 Encoder E50S8-500

Fuente: AUTONIC

El encoder E50S8-500 es un encoder del tipo incremental, el cual cumple la función de sensar de posición del vehículo. Para ello, transforma el desplazamiento angular del eje de la rueda delantera a una señal de pulsos discretos de tensión. Luego, se obtiene la equivalencia entre el número de pulsos y el desplazamiento lineal del vehículo (ver Anexo 25). Además, se puede calcular la velocidad del vehículo mediante la medición del tiempo recorrido y la relación entre en espacio, velocidad y tiempo.

Este dispositivo cuenta con un grado de protección IP 65, el cual garantiza la protección de entrada limitada de polvo y la protección contra líquidos se la brinda la carcasa.

#### 4.2.4 Selección de la cámara IP

Con el fin de realizar una inspección visual de los polines de la faja transportadora será necesario utilizar una cámara IP domo que cumpla los requerimientos descritos en la Tabla 4-7:

Parámetro	Valor
Resolución	720p
Protocolo de comunicación	Ipv4
Grado de protección IP mínima	IP30

Tabla 4-7: Requerimientos de la cámara IP domo  
Fuente propia

En la Tabla 4-8 se presentan las principales alternativas de selección de cámaras IP.

Cámara	Resolución	Protocolo de comunicación	Grado de protección IP
BASLER BIP2-D1000c-dn	1024 x 768p	Ipv4	IP30
AXIS P5534-PTZ	1280 x 720	Ipv4	IP66
HONEWELL HDXP	704 x 576	Ipv4	IP66

Tabla 4-8: Principales cámaras IP domo  
Fuente Propia

Se selecciona la cámara IP domo BASLER BIP2-D1000c-dn por contar con la mayor resolución en comparación con sus competidores. Además, cumple con el grado de protección requerido para la aplicación.



Fig. 4-5 Fixed Dome Camera

Fuente: Basler

La IP Fixed Dome Camera es una cámara IP, la cual cumple la función de transmitir una señal de video de la condición de la faja transportadora, de manera que se pueda realizar una inspección visual por medio de la cámara. Para ello, primero captura la señal de video y luego la transmite a un

servidor externo al cual se puede acceder desde una estación de control remota por medio de Internet.

Esta cámara cuenta con grado de protección IP66, el cual garantiza la total protección frente a polvo y fuertes chorros de agua (ver Anexo 5)

#### 4.2.5 Selección de motor DC

Para la selección del motor DC; en primer lugar, se procederá a estimar el torque, velocidad y potencia mínima que requiere el sistema para desplazarse, en segundo lugar se realizará la selección en función a los requerimientos calculados.

##### ➤ Cálculo de Torque mínimo

El presente análisis tiene como objetivo calcular el torque mínimo requerido, el cual tenga la capacidad de mover la masa del vehículo y de los componentes electrónicos.

Para ello, se realiza el siguiente procedimiento:

**Nota:** el diseño de cada uno de los componentes mecánicos es expuesto en la siguiente sección 3.3 Planos del sistema mecatrónico

- Se obtienen los pesos de los elementos mecánicos y electrónicos, mostrados en la Tabla 4-9 y 4-10 respectivamente:

Cantidad	Elemento	Volumen(mm <sup>3</sup> )	Densidad(g/cm <sup>3</sup> )	Peso(g)
4	Acoples de Llanta	2148.73	2.7	5.80
2	Acoples de motor	16190.47	2.7	43.71
1	Carcasa	718008.62	1.05	753.91
1	Estructura	431515.07	2.7	1165.09
1	Soporte Base	380692.39	2.7	1027.87
2	Soporte motor	35354.48	2.7	95.46
2	Soporte encoder	36143.54	2.7	97.59
1	Soporte Baterías	56622.83	2.7	152.88
1	Soporte Router	51304.07	2.7	138.52

Tabla 4-9: Lista de pesos de componentes mecánicos  
Fuente propia

Cantidad	Código	Descripción	Masa(g)
1	BIP2-D1000c	Cámara Ip	1000
1	CT-SF-15-C3	Controlador de Temperatura	420
1	1214C	CPU	415
2	1065	Driver	100
2	E50S8-500-3-T-24	Encoder	300
1	SM1234	Modulo E/S	220
2	1.61.050.461	Motores	1500
1	M875	Router Industrial	280

Tabla 4-10: Lista de pesos de componentes electrónicos  
Fuente propia

- Peso Total de elementos mecánicos : 3639.75g
- Peso Total de elementos electrónicos : 6329.00g
- Peso de la batería : 1000.00g
- Peso Total del sistema móvil: 11258.75g

➤ Análisis Estático:

- El vehículo se modela como un cuerpo rígido, en el cual las fuerzas que actúan son el peso propio, las 4 normales y las 4 fuerzas de fricción en las ruedas.
- Condición de equilibrio en el eje vertical:

$$\sum F_y = 0.$$

- Reemplazando:

$$N_1 + N_2 + N_3 + N_4 - W_{total} = 0.$$

Donde:

N1: Normal en rueda1,

N2: Normal en rueda2,

N3: Normal en rueda3,

N4: Normal en rueda4,

Wtotal: Peso total del sistema.

- Además:

$$N1 = N2 = N3 = N4.$$

- Se obtiene:

$$N1 = N2 = N3 = N4 = 27.587 \text{ N}.$$

- Se calcula la fuerza de fricción( $\mu$ estático=0.9, ver Anexo 27)

$$F_{fricción} = \mu_{estático} \times \text{Fuerza Normal},$$

$$F_{fricción} = 0.9 \times 27.587 \text{ N},$$

$$F_{fricción} = 24.828 \text{ N}.$$

• Análisis Dinámico:

- Para que el sistema acelere se debe cumplir en el eje del motor:

$$\sum \text{Torques} = I \times \alpha.$$

Donde:

I: Inercia de la masa reflejada hacia el eje del motor

$\alpha$ : Aceleración angular en el eje del motor

- Los únicos Torques que intervienen son el Torque generado por el motor y el Torque resistente de la carga, el cual corresponde al torque generado por la fricción.

$$T_{motor} - T_{fricción} = I \times \alpha,$$

$$T_{fricción} = F_{fricción} \times \text{radio de rueda},$$

$$T_{fricción} = 24.828 \times 7.62 \text{ cm},$$

$$T_{fricci\ n} = 189.169\ N \times cm.$$

- El torque acelerante está definido por:

$$T_{acelerante} = T_{motor} - T_{fricci\ n}.$$

- Finalmente, para que el motor acelere se debe cumplir:

$$T_{acelerante} > 0.$$

- Lo cual implica, que el torque mínimo por un motor trasero debe ser:

$$T_{motor} \geq 189.169\ N \times cm.$$

#### ➤ **Cálculo de velocidad angular mínima de operación**

El presente análisis tiene como objetivo obtener velocidad angular mínima de operación del sistema móvil

Para ello, se realiza el siguiente procedimiento:

- Se requiere abarcar distancias mayores a 1km
- El radio de la rueda del vehículo es de 3 pulgadas o 0.0762m
- La duración de la batería es de 1.78h
- De los datos se obtiene la velocidad lineal mínima:

$$v = \frac{\text{distancia}}{\text{tiempo}},$$

$$v = \frac{1000m}{1.78h},$$

$$v = 0.156 \frac{m}{s}.$$

- La relación de velocidad lineal y velocidad angular es:

$$v = w \times R .$$

Donde:

- V : velocidad lineal en mm/s
- W: velocidad angular en rad/s
- R: radio de la rueda

$$w = \frac{0.156}{0.0762},$$

$$w = 2.048 \frac{rad}{s} \text{ o } 19.557 \text{ RPM} .$$

- Se concluye que la velocidad mínima angular es de 19.557RPM.

#### ➤ Selección del motor

- Con los dos cálculos anteriores se obtiene que las condiciones mínimas de operación son: una velocidad angular de 19.557 RPM y un torque de 189.169 N x cm.
- Con ambos datos se calcula la potencia mínima requerida

$$P = \text{Torque} \times W_{angular} ,$$

$$P = \left( 189.169 \text{ N} \cdot \text{cm} \times \frac{1\text{m}}{100\text{cm}} \right) \times \left( 2.048 \frac{rad}{s} \right),$$

$$P = 3.878 \text{ W} .$$

- Se concluye que se requiere un motor con potencia mínima de 3.878W.

Con el fin de garantizar el movimiento del sistema mecatrónico será necesario seleccionar un motor DC con los requerimientos descritos en la Tabla 4-11:

Parámetro	Valor
Potencia	4 W
Velocidad	20 RPM
Alimentación	24 VDC

Tabla 4-11: Requerimientos del motor DC  
Fuente propia

En la tabla 4-12 se presentan las principales alternativas de selección de motores DC.

Motor DC	Potencia	Velocidad	Alimentación
DC Motor Phidgets	30 W	139 RPM	24 VDC
Direct Industry	18.5	10.6 RPM	24 VDC
Surplus Center	16 W	30 RPM	24 VDC

Tabla 4-12: Principales motores DC  
Fuente Propia

Se selecciona el motor DC Phidgets por contar con la mayor potencia y velocidad que las demás alternativas. Además, este motor cuenta con grado de protección IP40 lo cual es suficiente para la aplicación.



Fig. 4-6 DC gear motor  
Fuente: Phidgets

El DC gear motor es un potente motor que equilibra perfectamente el consumo de corriente con el torque requerido para mover el vehículo, se puede visualizar el cálculo de selección del motor en el Anexo 18. Este motor tiene como función producir el movimiento del vehículo desde las ruedas traseras. Con este motor, se puede recorrer hasta 14 km a una velocidad de 1 m/s (ver Anexo 19). Este motor cuenta con protección IP40, lo cual garantiza la protección contra objetos sólidos de más de 1mm y la carcasa brinda la protección frente a líquidos.

### 3.2.6 Selección de baterías

- Por requerimientos de operación se necesita que el tiempo de duración mínimo a plena carga sea de 1h y solo realizando la función de sensado de 6h.
- De la Tabla 4-13 se observa que el consumo total a plena carga es 6173.5 mA y solo sensando es 1573.5 mA.

Cantidad	Código	Descripción	Potencia (W)	Voltaje	Corriente (mA)
1	BIP2-D1000c	Cámara Ip	5.5	24	229.17
1	CT-SF-15-C3	Controlador de Temperatura	2.4	24	100
1	1214C	CPU	12	24	500
2	1065	Driver	2.4	24	100
2	E50S8-500-3-T-24	Encoder	2.4	24	100
1	SM1234	Modulo E/S	1.44	24	60
2	1.61.050.461	Motores	42	24	2200
1	M875	Router Industrial	4	24	167.67

Tabla 4-13: Lista de consumos eléctricos de componentes electrónicos  
Fuente propia

- Capacidad de la batería a plena carga:
  - Capacidad = 6173.5mA x 1 h
  - Capacidad = 6173.5mA x h
- Capacidad de la batería a solo sensado:
  - Capacidad = 1573.5 mA x 6 h
  - Capacidad = 9441 mA

De lo que se concluye que se requiere una batería con una capacidad mínima de 9441 mA.

Con el fin de garantizar el suministro de energía del sistema mecatrónico será necesario seleccionar una batería con los requerimientos descritos en la Tabla 4-14:

Parámetro	Valor
Capacidad de batería	9441 mA
Tensión de salida	24 VDC

Tabla 4-14: Requerimientos técnicos de baterías  
Fuente propia

En la tabla 4-15 se presentan las principales alternativas de selección de baterías.

Baterías	Capacidad(mAh)	Peso(g)	Dimensiones(mm)
MaxAmp	22000	2530	158 x 59 x 121
Herewin	22000	2520	70 x 92 x 200
GensAce	22000	2640	213 x 96 x 68.8

Tabla 4-15: Principales baterías  
Fuente propia

Se seleccionan las baterías Herewin por cumplir con los requerimientos de suministro de corriente para la aplicación y por tener menor peso en comparación a sus competidores.



Fig. 4-7 Batería LiPo

Fuente: Max amps

La función de la batería Herewin es suministrar la energía necesaria a todos los sistemas que conforman el vehículo.

#### 4.2.7 Selección de conversor de tensión

Con el fin de garantizar la conversión de tensión del sistema mecatrónico será necesario seleccionar un conversor con los requerimientos descritos en la Tabla 4-16:

Parámetro	Valor
Tensiones de ingreso	12-24 VDC
Tensiones de salida	5 VDC

Tabla 4-16: Requerimientos técnicos conversor DC-DC  
Fuente propia

En la Tabla 4-17 se presentan los principales alternativas de convertidores de tensión.

Convertidores	Tensiones de ingreso	Tensión de salida 1	Tensión de salida 2
DHECN	90-132 VAC	5 VDC	24 VDC
CHNBEST	110-220 VAC	5 VDC	24 VDC
PICO PSU	12-25 VDC	5 VDC	24 VDC

Tabla 4-17: Principales convertidores DC-DC  
Fuente propia

Se selecciona el conversor PICO PSU por cumplir con las especificaciones técnicas requeridas para la aplicación.

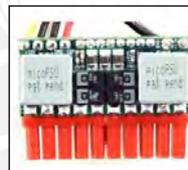


Fig. 4-8 Convertidor DC-DC  
Fuente Mini-Box

La función del conversor DC-DC PicoPSU es transformar la tensión DC variable proveniente de las baterías a una tensión constante y limpia, es decir, libre de armónicos. De esta manera, se suministra energía limpia a todos los sistemas que conforman el sistema.

#### 4.2.8 Selección del controlador

Para la selección del controlador, primero se estima la cantidad de señales que el controlador requiere procesar, las cuales se presentan en la Tabla 4-18.

Cantidad	Descripción	Tipo de señal	Tipo de canal requerido
4	Dimensión de la grieta	4-20 mA	AI
2	Temperatura de polines	4-20 mA	AI
2	Posición actual	Pulsos	DI HSC
2	Control del driver de los motores	0-5 VDC	AO

Tabla 4-18: Requerimientos de señales del controlador  
Fuente propia

En la Tabla 4-19 se indican los principales controladores SIEMENS y sus principales características para una aplicación compacta como la del presente trabajo.

Controlador	DI, HSC	DO	AI	AO	Peso(g)	Dimensiones (mm)
CPU 1211C	6; 3 HSC	4	2; 0-10 VDC	-	370	90x100x75
CPU 1214C	13; 6 HSC	10	2; 0-10 VDC	-	415	110x100x75
CPU 1217C	14; 6 HSC	10	2; 0-10 VDC	2; 0- 20mA	500	150x100x75

Tabla 4-19: Principales controladores  
Fuente propia

De a Tabla 4-19 se observa que ningún controlador compacto cuenta con los canales requeridos para nuestra aplicación, por lo que se decide adicionarle un módulo de expansión de Entradas y Salidas Analógicas, el cual cuenta con las siguientes características que se detallan en la Tabla 4-20.

Módulo de E/S	AI	AO
SM 1234	4; Configurables de corriente o voltaje	2; Configurables de corriente o voltaje

Tabla 4-20: Características del módulo SM1234  
Fuente propia

De las Tablas 4-19 y 4-20 se selecciona el controlador CPU 1214C con un módulo de entradas y salidas analógicas SM 1234 por cumplir con los requerimientos de lista de señales de nuestra aplicación.



Fig. 4-9 CPU 1214C  
Fuente: Siemens

El CPU 1214C es un potente sistema de control, cuya función es la de controlar de manera óptima los sistemas de monitoreo de condición de faja transportadora, desplazamiento y comunicaciones. De esta manera, se logra tener un control centralizado de todos los sistemas mediante éste. Además tiene la capacidad de ser operado remotamente desde una estación de control.

#### 4.2.8 Selección del router de comunicaciones

Para la selección del router industrial se requieren las siguientes características descritas en la Tabla 4-21.

Parámetro	Valor
Alimentación	24 VDC
Velocidad de transmisión	10-100 Mbits
Tipo de red de radiotelefonía soportado	GMS
Conexiones de red interna	2
Conexiones de red externa	1

Tabla 4-21: Requerimientos técnicos del router de comunicaciones  
Fuente propia

En la Tabla 4-22 se presentan los principales alternativas de router industrial.

Router Industriales	Tipo de red radiotelefonía	Conexiones red interna	Conexiones red externa
Scalance M874	GMS	2	1
Scalance M875	GMS	2	2

Tabla 4-22: Principales routers industriales  
Fuente propia

De la Tabla 4-22 se selecciona el router industrial scanlance M875 por cumplir con los requerimientos técnicos y por contar con 02 conexiones de red externas, de la cual una queda en operación y la otra como reserva ante una contingencia.



Fig. 4-10 Router Scalance M875

Fuente: Siemens

El router industrial Scalance M875 cumple la función de brindar el acceso a Internet para la cámara IP, por medio del establecimiento de la conexión con una red GMS. Además brinda el suministro de energía a la cámara por medio de PoE.

### 4.3 Planos del sistema mecatrónico

#### 4.3.1 Plano de ensamble general

El Plano de Ensamble (ver Anexo 26 pág. 1) de la Fig. 4-11 muestra la ubicación de los elementos mecánicos y electrónicos del sistema mecatrónico. En adición, la fijación de los componentes mecánicos a la estructura es a través de uniones empernadas especificadas en el plano.

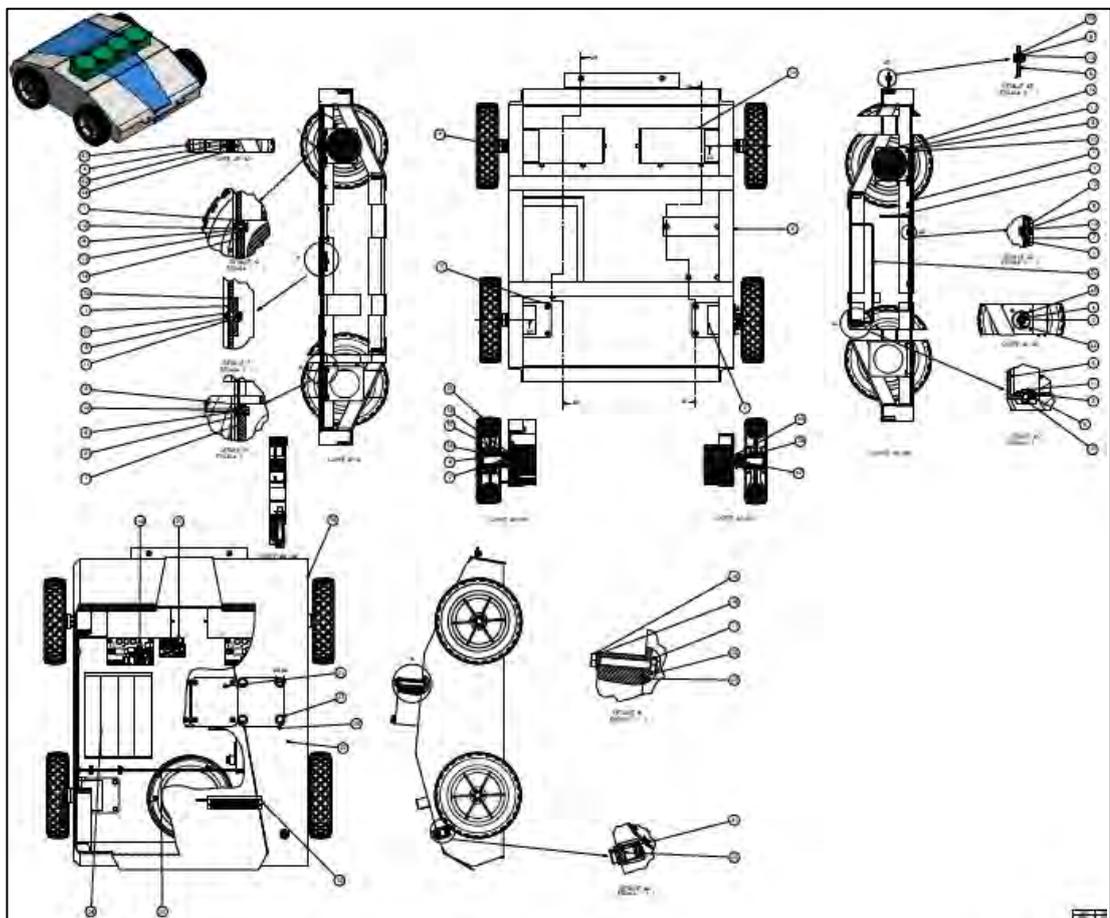


Fig. 4-11 Plano de Ensamble General  
Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.2 Plano de Estructura

En el plano de la Fig. 4-12 se muestra la Estructura (ver Anexo 26 pág. 2) del sistema. Esta parte será fabricada de aluminio, por ser un material liviano. Este elemento está conformado por: perfiles en L de 1" x 1" x 1/8 y uniones soldadas en ángulo de 3mm y 2mm. Las funciones que desempeña



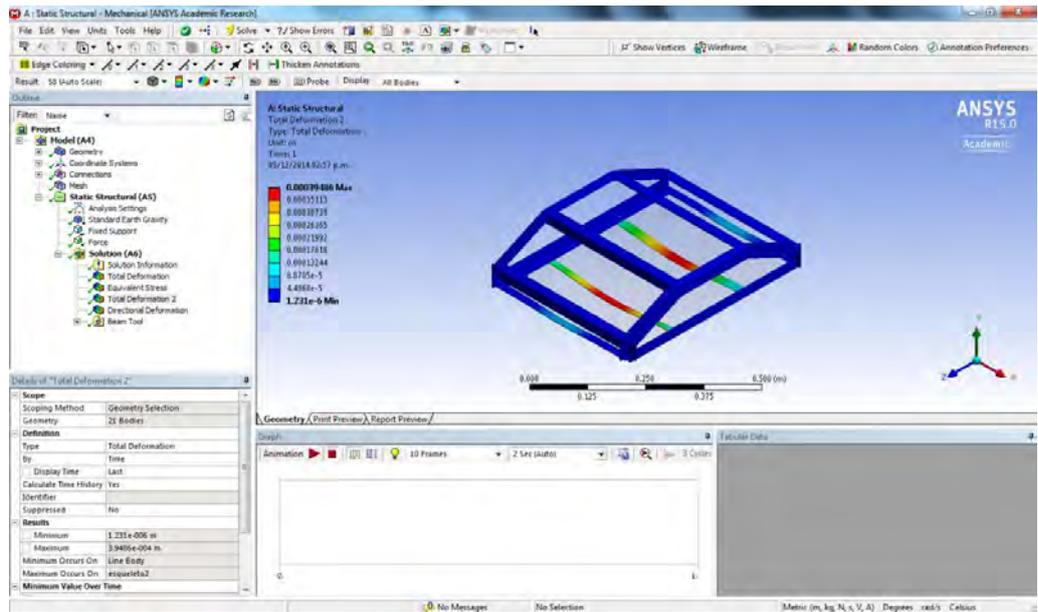


Fig. 4-13: Simulación de deformaciones totales estructura  
Fuente propia

### 4.3.3 Plano de soporte base

En el plano de la Fig. 4-14 se muestra el Soporte Base (ver Anexo 26 pág. 3). Esta pieza será fabricada de aluminio, por ser un material liviano. Este elemento tiene la función de soportar a elementos mecánicos y componentes electrónicos del interior del sistema, correspondientes a los sistemas de monitoreo de condición de faja transportadora, de desplazamiento y de comunicaciones.

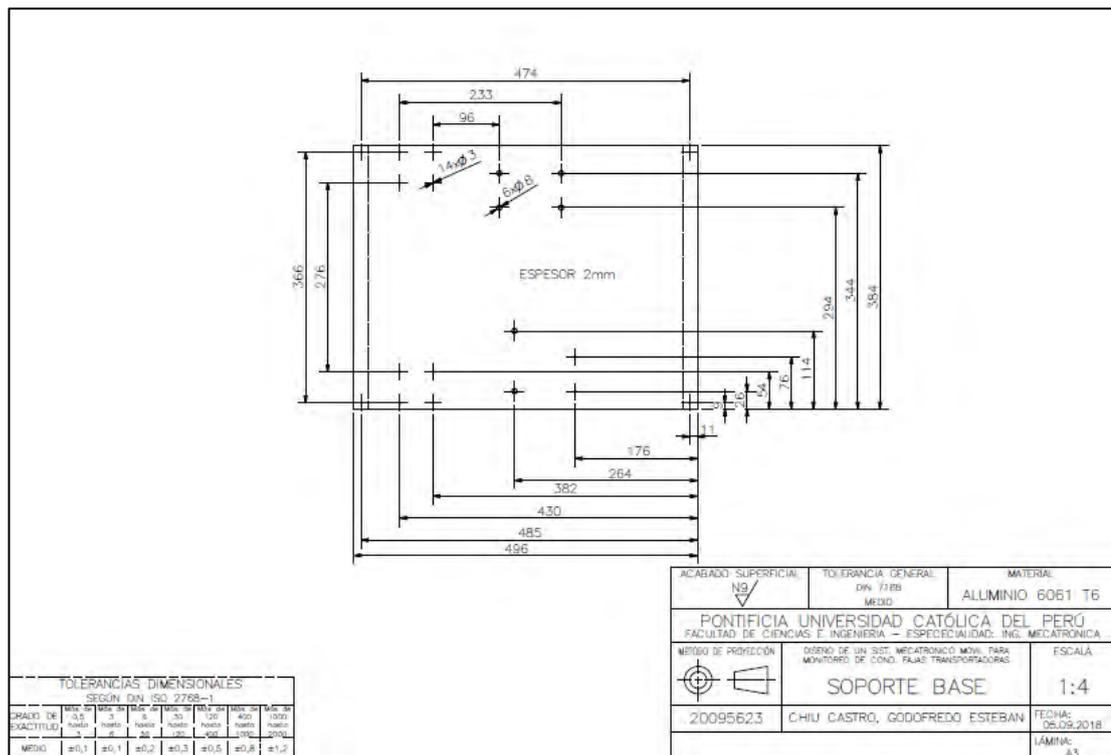


Fig. 4-14: Plano de soporte base  
Fuente: Elaboración propia

Este elemento se unirá a la Estructura por medio de cuatro pernos ubicados en las esquinas del desarrollo del Soporte base, además se le emperrará los soportes en L del encoder, en la parte delantera, y dos soportes en L de motor, en la parte trasera. En adición se le emperrará el soporte de baterías, riel DIN para el CPU y controlador de temperatura.

En adición, se realizó una simulación de deformación total (ver Fig. 4-15) en el cual se le aplicó una carga de 100 N distribuida uniformemente sobre el Soporte Base, la cual representa el peso propio de los componentes electrónicos y mecánicos, como se puede observar se obtuvo una deformación total de 0.6mm, lo cual se considera aceptable para esta aplicación.

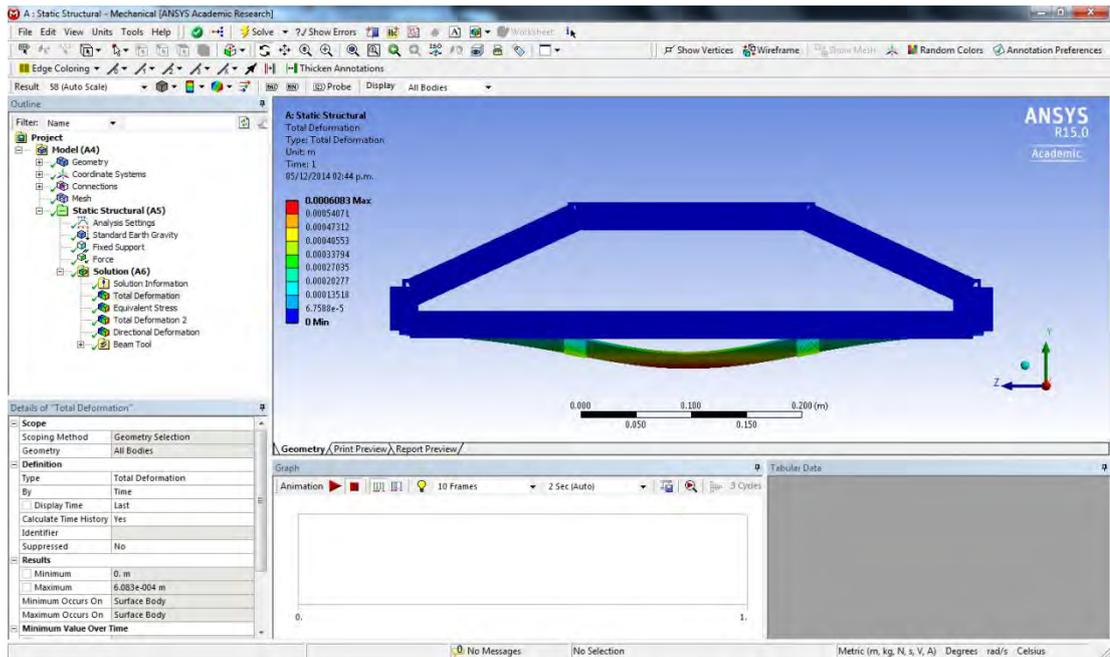


Fig. 4-15: Simulación de deformación Total - Vista lateral del Soporte Base  
Fuente propia

#### 4.3.4 Plano de Soporte en L.

En el plano de la Fig. 4-16 se muestra el Soporte en L (ver Anexo 26 pág. 4). Este elemento será fabricado de aluminio, por ser un material ligero. La función de esta pieza es de soportar a los encoders y motores DC que se localizan en la parte delantera y posterior del vehículo respectivamente. Para ello, se une al Soporte Base mediante 4 pernos.

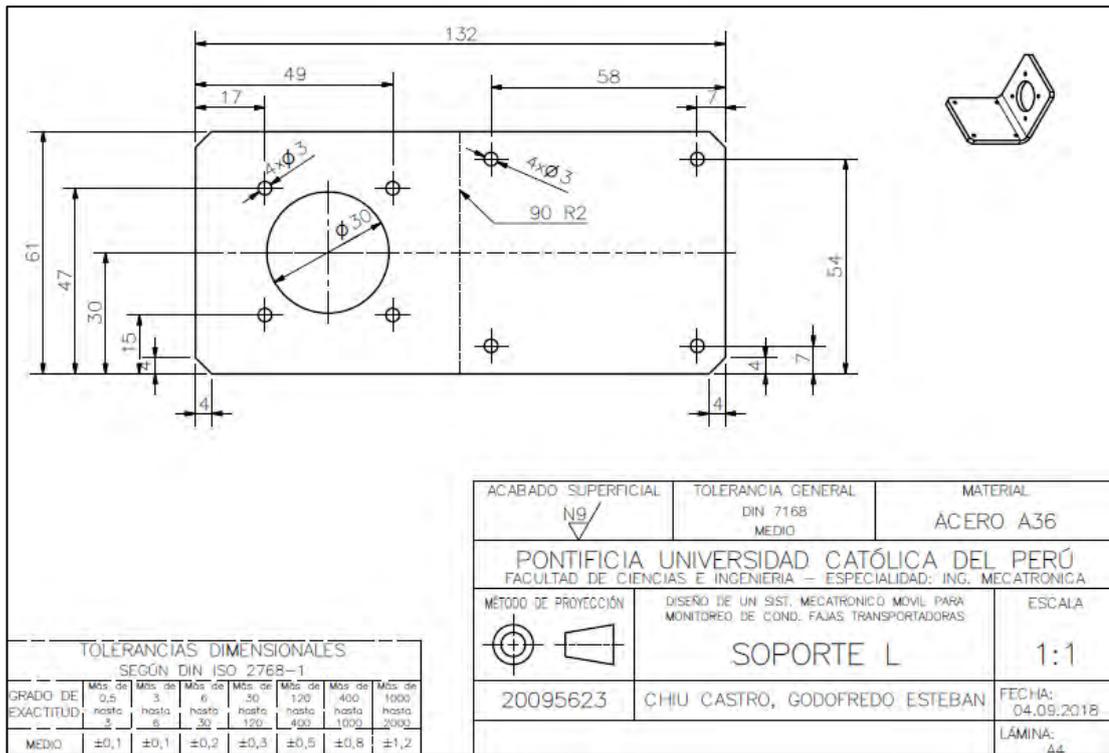


Fig. 4-16 Plano Soporte en L  
Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.5 Plano de bocina de llanta.

En el plano de la Fig. 4-17 se muestra bocina de la llanta (ver Anexo 26 pág. 5). Este elemento cumple la función de transmitir el movimiento desde el eje del motor hacia las llantas.

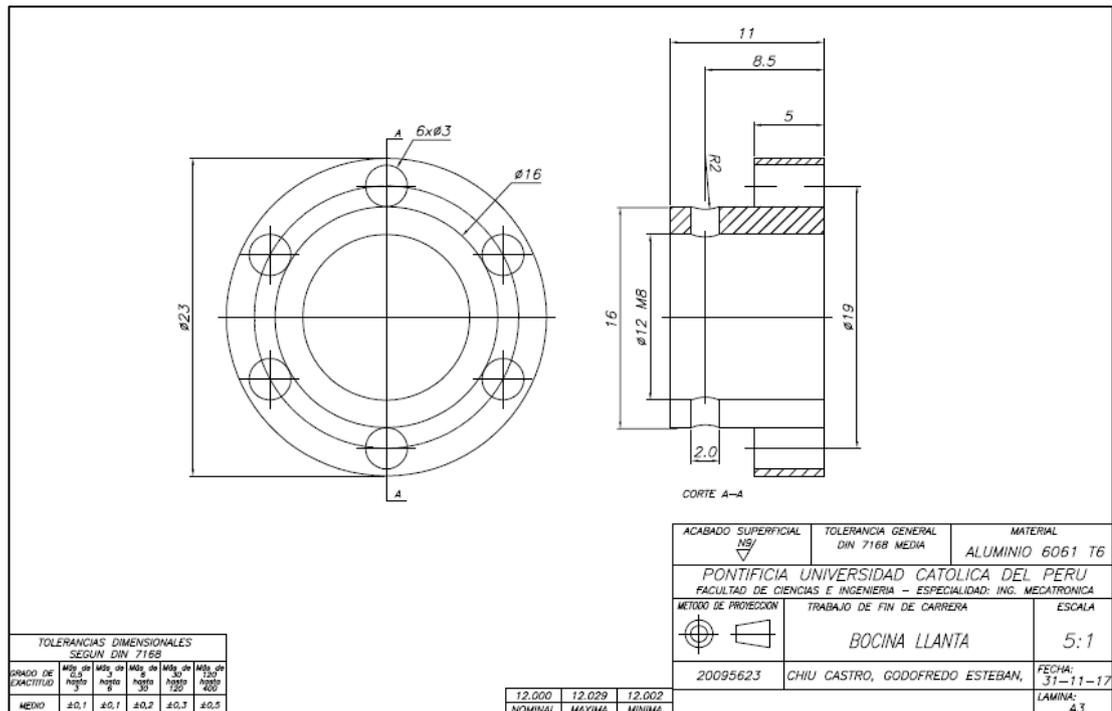


Fig. 4-17 : Plano de bocina de llanta  
Fuente propia

En referencia a la unión con demás componentes, por un lado se une a la llanta por medio de 6 pernos, por el otro, se une al eje de motor por medio de un perno que funcionará como pasador

#### 4.3.6 Plano de soporte de baterías.

En el plano de la Fig. 4-18 se muestra el Soporte de batería (ver Anexo 26 pág. 6). Esta pieza tiene la función de alojar la batería LiPo y restringir su desplazamiento durante el movimiento del vehículo. Para ello, se une esta pieza al Soporte base mediante cuatro pernos. Además, este elemento cuenta con dos pestañas, las cuales se encargan de restringir el desplazamiento de la batería.

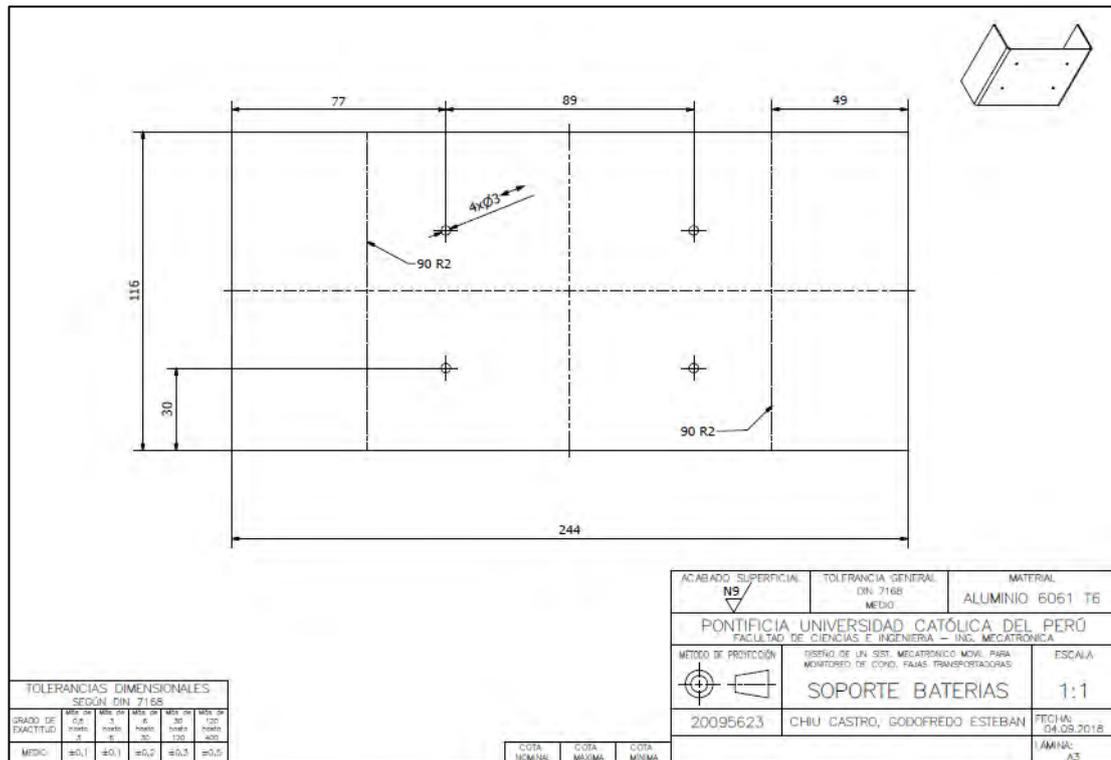


Fig. 4-18: Soporte de batería  
Fuente propia

#### 4.3.7 Plano de soporte de router

En el plano de la Fig. 4-19 se muestra el Soporte de router (ver Anexo 26 pág. 7). Esta pieza tiene la función de alojar el router industrial. Para ello, se une esta pieza a la Estructura mediante dos pernos.

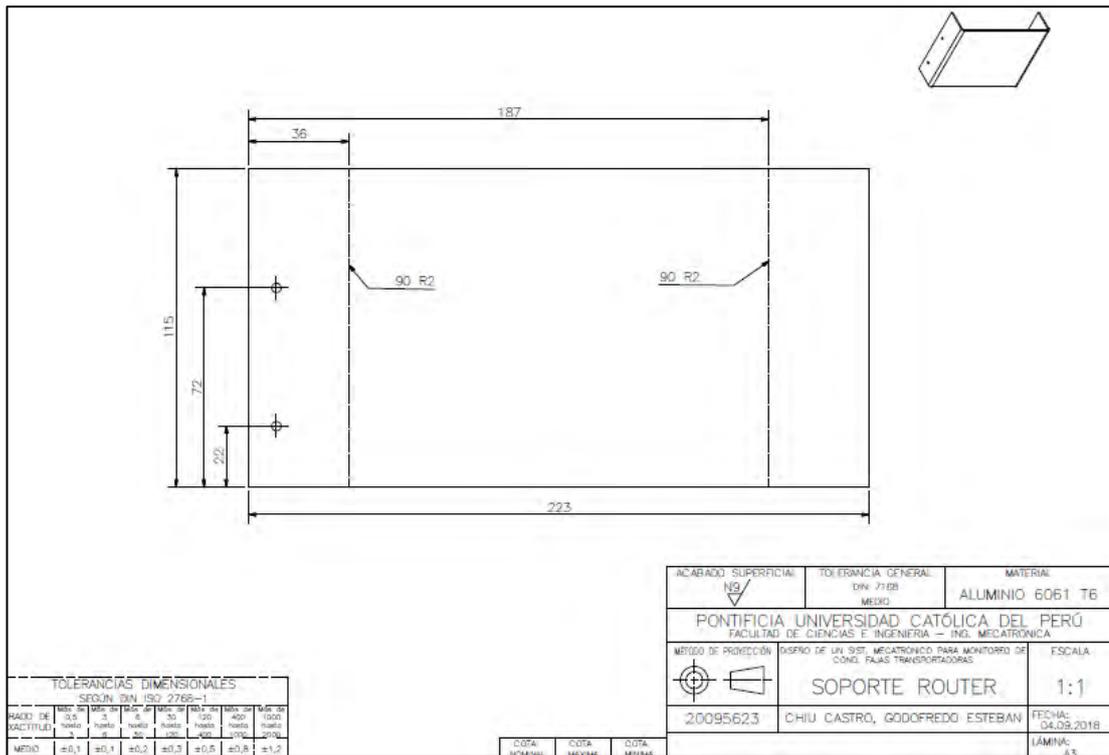


Fig. 4-19: Soporte router  
Fuente propia

## 4.4 Diagramas esquemáticos de los circuitos del sistema mecatrónico

### 4.4.1. Arquitectura de hardware

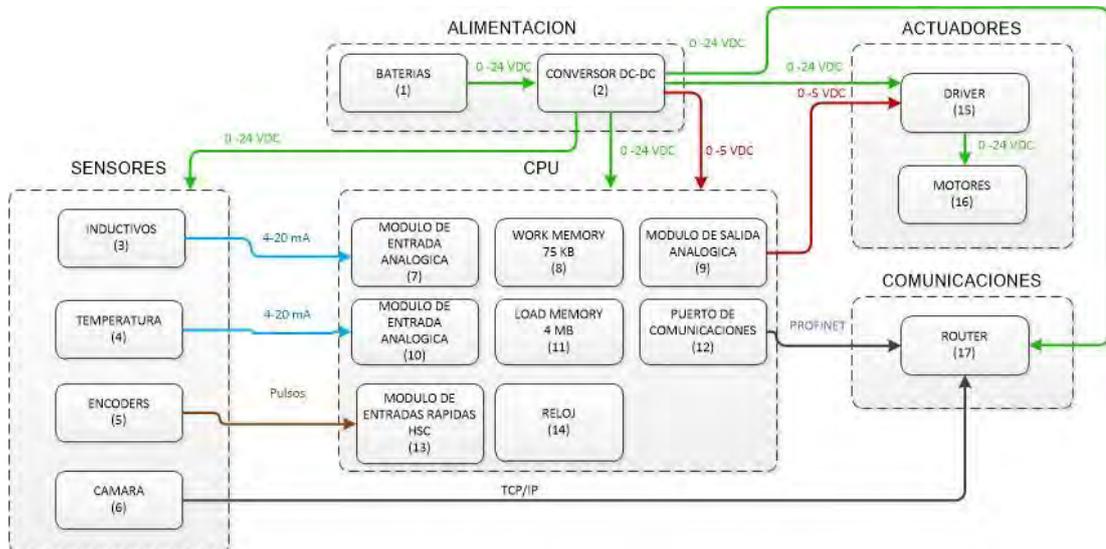


Fig. 4-19 Arquitectura de hardware

Fuente: Elaboración propia

En la Arquitectura de Hardware de la Fig. 4-19 está compuesta por los siguientes subsistemas: sistema de potencia, sistema de desplazamiento, sistema de monitoreo de condición de faja transportadora y sistema de comunicaciones.

En primer lugar, el sistema de potencia está compuesto por las baterías (1), las cuales sirven como fuente de energía del sistema con el Convertor DC-DC (2). Este sistema se encarga de transformar la tensión de las baterías a una tensión constante limpia de armónicos. Para ello, se conectan dos salidas de la batería, VCC (24 V) y GND con las entradas de suministro de energía del Convertor DC-DC (2) el cual se encarga de suministrar las tensiones requeridas a los demás subsistemas.

En segundo lugar, en el sistema de desplazamiento, se conectan los encoders (5), los cuales cumplen la función de sensores de posición, con el CPU. Para ello, se conectan las salidas de la señal de pulsos del encoder a las entradas HSC (High Speed Counting) del CPU. Además, los drivers (15), los cuales desempeñan la función de regular la tensión de suministro de los motores a fin de controlar la velocidad del motor, se conectan al CPU. Para

ello, las entradas de control del driver se conectan a las salidas analógicas de 0-5 VDC del CPU, las entradas de potencia del driver se conectan a la tarjeta de distribución y la salida de potencia del driver se conecta al motor.

En tercer lugar, en el sistema de monitoreo de condición de la faja se conectan el CPU: los sensores inductivos (3), los cuales realizan la función de estimar la dimensión de una grieta; los controladores de temperatura (4), el cual recibe la señal de los sensores de temperatura a fin de estimar la temperatura en los polines. Para ello, las salidas de los sensores inductivos y del controlador de temperatura normalizada de 4 a 20 mA se conectan a las entradas analógicas del CPU y al módulo de expansión de E/S. Además, la cámara IP (6) se conecta con el router industrial Scalance (17) mediante patchcords.

En cuarto lugar, en el sistema de comunicaciones, la cámara y el CPU se conectan a Internet por medio del router industrial Scalance. El CPU se comunica por medio de una red Profinet hacia un Servidor y la Cámara IP se comunica a través de una red TCP/IP con un Servidor de CCTV.

Finalmente, el CPU 1214C seleccionado cuenta con una memoria de carga (load memory) de 4 MB, la cual almacena todos los archivos del proyecto como configuraciones de hardware y unidades de programa, además cuenta con una memoria de trabajo de 75 KB la cual corresponde a la extensión de memoria de ejecución del programa.

## 4.5 Arquitectura de comunicaciones

Actualmente, se utilizan tecnologías que permiten establecer redes remotas con la finalidad de utilizar la gran red de Internet como medio. Las aplicaciones son diversas desde el lado comercial, por ejemplo, los sistemas de control administrativos, hasta el sector industrial, por ejemplo, los sistemas de teleoperación remota mediante GPRS o ADSL. La gran ventaja del GPRS frente al ADSL es que implica una conexión inalámbrica, a través del uso de la red GSM de un operador de servicios, como por ejemplo Claro S.A. Cabe resaltar que para el control remoto del sistema móvil se requiere del uso de dos arquitecturas: la del Servidor y la del Cliente. De las cuales, la presente tesis abarca la arquitectura por parte del Cliente, sin embargo se da a conocer los elementos más importantes para la arquitectura del Servidor. A continuación se presentarán ambas arquitecturas.

La Arquitectura de comunicaciones se presenta en la Fig. 4-20. La cual está compuesta por dos arquitecturas: Servidor y Cliente. Por una parte, la arquitectura Servidor corresponde al centro de operación, lugar en el cual se controlan y monitorean los elementos del proceso productivo de la mina. Por lo general, se implementan Sistemas Distribuidos de Control (DCS) y Sistemas SCADA, los cuales obtienen información del proceso productivo en tiempo real. Esta arquitectura está compuesta principalmente por: el Servidor de Datos, componente del sistema que se encarga de procesar y almacenar la información de las estaciones remotas; Router, sistema que permite el acceso a Internet y además establecer una red privada virtual (VPN) con las estaciones remotas; PCs, estas computadoras tienen acceso al Servidor por medio de un software, el cual les muestra los datos procesados, gráficos y reportes del proceso productivo.

Por la otra parte, se encuentra la arquitectura Cliente del sistema, la cual es utilizada por el sistema móvil de monitoreo de condición de faja transportadora, para comunicarse con el Servidor. A continuación se detallarán los sistemas que conforman la Arquitectura Cliente. En primer lugar, esta arquitectura está compuesta por el CPU, este componente se encarga de controlar la comunicación con los sensores y actuadores, a través de sus entradas y salidas del tipo discreto y analógico y se comunica con el Servidor mediante su puerto Ethernet mediante el protocolo de comunicaciones PROFINET. En segundo lugar, el Router industrial es el encargado de establecer el acceso a Internet, por medio de GPRS. Para ello, se le inserta un chip del operador de servicios, para que pueda utilizar su red GSM y

por medio de esta vía tener acceso a Internet. En tercer lugar, la cámara IP se conecta al Router industrial, a través de su puerto Ethernet, la cámara IP al tener acceso a Internet, se configura para que envíe la señal de video codificada en formato, MPG-4 hacia al Servidor, por medio del protocolo FTP, el cual permite el almacenamiento de archivos desde una estación remota conectada a Internet. El CPU seleccionado tiene compatibilidad con el software de Simatic 7 Basic, el cual permitirá controlar y monitorear al CPU ubicado de manera remota desde el servidor. Finalmente, se puede establecer una red privada virtual (VPN) a fin de incrementar la seguridad del sistema de comunicaciones, la cual consiste en establecer una red tipo túnel del router del servidor con los routers remotos, para así de evitar accesos al servidor no autorizados. En el Anexo 26, se presentan mayores detalles de las comunicaciones.





Fig. 4-20 Arquitectura de comunicaciones  
Fuente: Elaboración propia

#### 4.6 Diagrama de flujo del programa de control

El Diagrama de Flujo del Programa Principal del sistema mecatrónico, presentado en la Fig. 4-21 está conformado por tres fases. En primer lugar, la fase inicial consiste en setear las variables utilizadas en el programa a sus valores iniciales; por ejemplo, el tiempo de inspección, el número de alertas identificadas, las cuentas del encoder, etc. Esta operación se realiza con la finalidad de contar con un estado inicial antes de empezar con desplazamiento y monitoreo del sistema. En segundo lugar, se reciben las instrucciones del servidor; este bloque consiste en establecer la conexión con el Servidor, para que luego se puedan establecer los parámetros de funcionamiento desde el servidor. Estos parámetros consisten en las condiciones que se requieren tanto para el desplazamiento como para el monitoreo de condición. Por ejemplo, para el desplazamiento del vehículo se debe establecer la posición final del vehículo. En tercer lugar, se ejecuta el modo de operación seleccionado. Para ello, este bloque se encarga de generar las señales de control a los actuadores, según los requerimientos establecidos, en el tiempo indicado. Por ejemplo: se realiza el monitoreo de condición de la faja transportadora, por medio del sensado de la dimensión de grietas, espesor y temperatura actual de la faja.



Fig. 4-21 Diagrama de Flujo de Programa Principal

Fuente: Elaboración propia

El Diagrama de Flujo “Recibir instrucciones del Servidor “de la Fig. 4-22 está compuesto por dos etapas. Primero, se realiza la etapa de conexión con el Servidor. Para ello, se debe establecer la conexión a Internet por medio del Router Industrial. Luego, CPU estará a la espera de petición de conexión por parte del Servidor. Una vez establecida la comunicación del CPU con el Servidor se procede a modificar los parámetros de inspección y desplazamiento del sistema. Dichos parámetros son: Modo, establece el modo de funcionamiento del sistema, los cuales pueden ser reposo, estático, seguimiento y desplazamiento; tiempo de inspección, establece el tiempo de duración de la inspección del sistema; intervalo de inspección, consiste en el periodo de muestreo del sensado; parámetro de temperatura, consiste en un valor de temperatura que el sistema tomará como referencia para determinar el nivel de Alarma en los polines al presentarse una temperatura excesiva; parámetro de grietas, consiste en un valor equivalente a la señal analógica recopilada por los sensores inductivos, como referencia para identificar el nivel de Alarma de las grietas; parámetro de espesor, de manera similar al parámetro de grietas establece un valor de referencia para determinar el nivel de Alarma con respecto a la señal obtenida por los sensores inductivos, basándose en la premisa que ante el

desgaste de la faja el espesor de la faja debe disminuir; posición final, establece el valor de set point al cual debe llegar el sistema móvil en su desplazamiento.

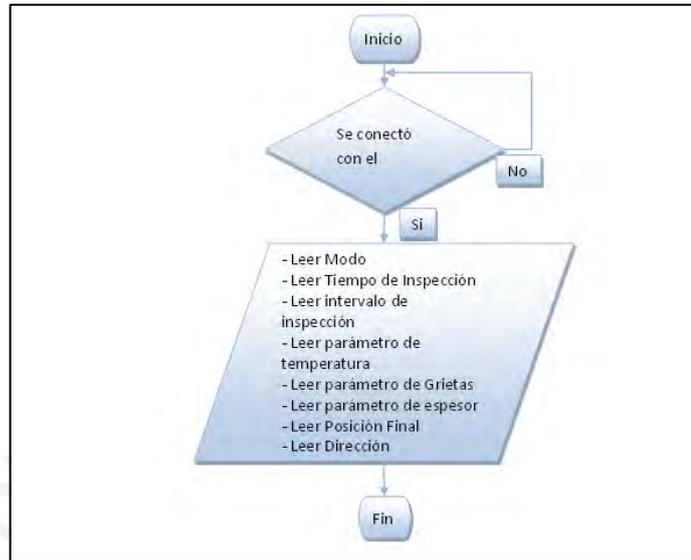
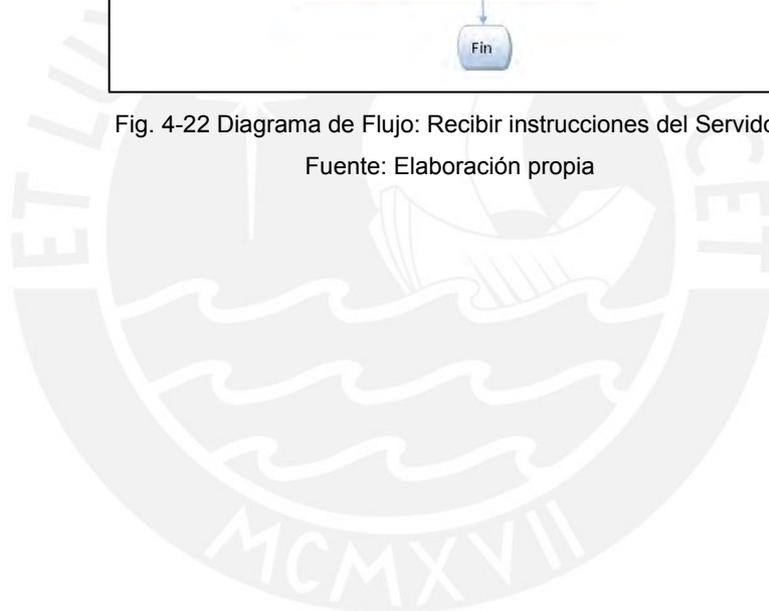


Fig. 4-22 Diagrama de Flujo: Recibir instrucciones del Servidor

Fuente: Elaboración propia



El Diagrama “Ejecutar modos de operación” de la Fig. 4-23 consiste en la selección de los diversos modos de operación del sistema móvil, los cuales se detallan a continuación. En primer lugar, inicialmente al sistema se le asigna el modo de reposo, lo que implica que aún no se ha seleccionado algún modo de operación o no se ha establecido la conexión con el Servidor, por lo que todas las variables del programa se encuentran en sus estados iniciales. En segundo lugar, se analiza si se seleccionó el Modo Estático. Este modo se utiliza en aplicaciones en las que se requieran inspeccionar una determinada zona de la faja por un periodo de tiempo, mientras el sistema se encuentra en reposo. Para ello, realiza la inspección de las variables críticas de la faja: grietas, espesor, temperatura de los polines e inspección visual por medio de la cámara, sin que el sistema se desplace. En tercer lugar, se verifica si se seleccionó el Modo Seguimiento. Este modo tiene como objetivo enviar alertas ante la presencia de una grieta de dimensión considerable, para posteriormente seguir a la grieta, de manera que quede localizada. Para ello, primero realiza la inspección de los parámetros según la Fig. 4-24, luego de haber identificado la falla en desarrollo, el sistema debe empezar a seguir a la falla, para esto realiza el control de velocidad automáticamente según Fig. 4-25. En cuarto lugar, se verifica si se seleccionó el Modo Desplazamiento, el cual consiste en fijar una posición final del sistema, la cual puede ser de avance o retroceso. Este modo puede ser útil en el caso que se requiera desplazar el sistema móvil hacia otra zona distinta de sensado de la actual. Para ello, realiza el control de posición descrito en la Fig. 4-25.

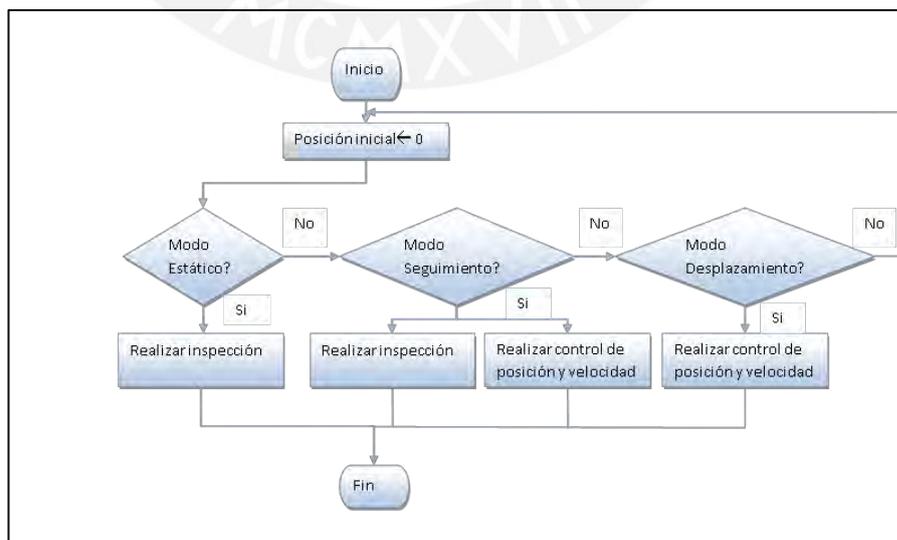


Fig. 4-23 Diagrama de flujo: Ejecutar modos de operación

Fuente: Elaboración propia

El Diagrama “Realizar inspección” de la Fig. 4-24 tiene como función sensar los parámetros de la faja: tamaño de las grietas, espesor de la faja, temperatura de los polines para posteriormente compararlos con los parámetros de referencia, a fin de identificar posibles fallas en desarrollo en la faja, las cuales podrán ser verificadas por medio de la inspección visual por el ingeniero de mantenimiento a través del video transmitido por la cámara IP. Para ello, realiza el algoritmo descrito a continuación. En primer lugar, realiza la adquisición de datos de los sensores por medio de la lectura de las entradas analógicas de los sensores inductivos, y de temperatura, dichas señales se encuentran normalizadas al estándar industrial de 4 a 20mA. Además, se realiza la transmisión de la señal de video por medio de la cámara IP hacia el Servidor. En segundo lugar, se procede a realizar la comparación de los valores obtenidos con los parámetros de referencia de temperatura, tamaño de grietas y espesor. Para lo cual, si el valor obtenido supera al parámetro de referencia, se asume la presencia de una falla en desarrollo en la faja e inmediatamente se emitirá la señal de alarma de dicho parámetro. De esta manera, se identifica la presencia, de fallas en desarrollo en la faja. Cabe resaltar, que para corroborar la existencia de una falla en desarrollo se realiza la inspección visual, la cual es realizada por el ingeniero de mantenimiento a cargo, por medio de la señal de video proporcionada por la cámara IP. En base al criterio del ingeniero de mantenimiento, se tomará la decisión de parar la faja para realizar el mantenimiento respectivo. En tercer lugar, en caso de no presentarse ninguna anomalía en la faja transportadora se envía toda la información por los sensores hacia el servidor durante el tiempo de inspección.

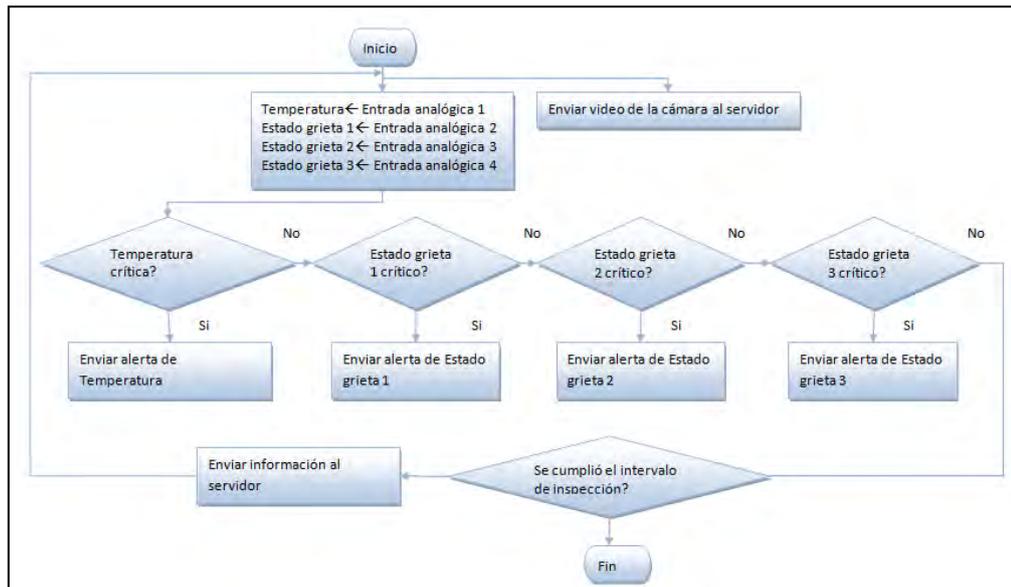


Fig. 4-24 Diagrama de flujo: Realizar inspección

Fuente: Elaboración propia

El Diagrama “Control de posición y velocidad” de la Fig. 4-25 realiza el siguiente algoritmo de control. En primer lugar, realiza la lectura de las posiciones de referencia y actual. Para obtener la posición actual, se obtiene el valor del encoder de posición, el cual es el equivalente al número de vueltas por el eje del encoder; esto se realiza a través de las entradas del CPU de conteo rápido (HSC). Luego, se convierte dicho valor a metros (ver Anexo 25). De esta manera, se conoce cuanto se ha desplazado el vehículo desde su posición inicial y por ende su posición actual. En segundo lugar, se utiliza el módulo PID del CPU para el control de posición, lo cual consiste en programar el bloque PID, tomando en consideración que las ganancias de los controladores: proporcional, integral y derivativo serán distintas para el control de posición y velocidad. Luego, se evalúa si se llegó a la posición deseada en el tiempo establecido, de cumplirse dicha condición se culmina el algoritmo, caso contrario se procese al cálculo de la señal de control respectiva. En este caso, la señal de control generada por el CPU será suministrada al driver de motor por medio de las salidas analógicas del CPU, dicha señal estará comprendida entre el rango de 0 a 5 VDC. Luego, el driver le genera la señal de potencia correspondiente a los motores.

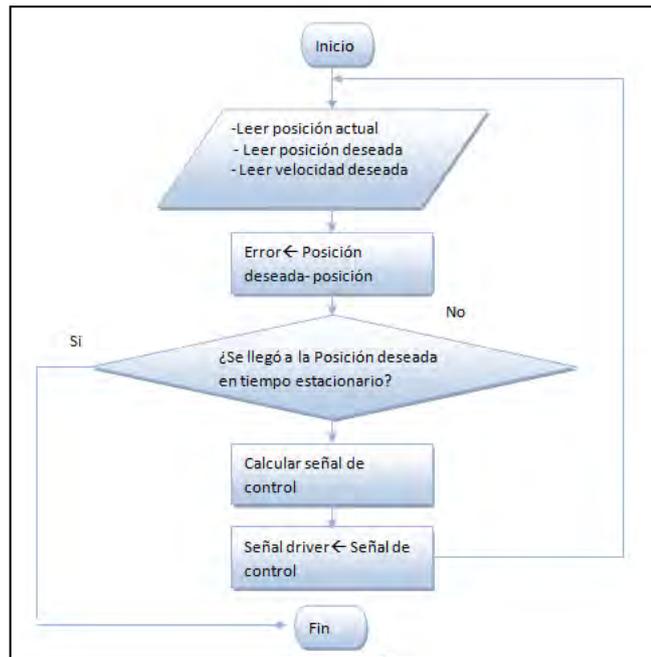
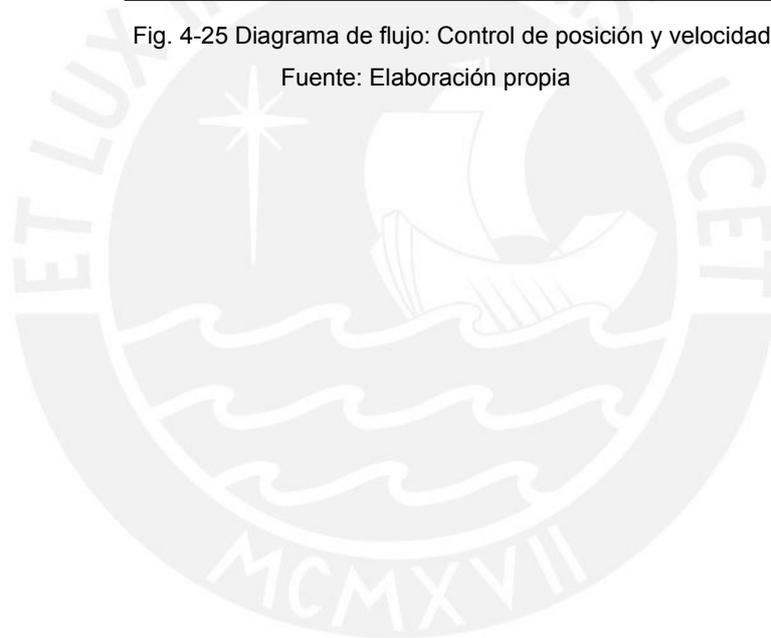


Fig. 4-25 Diagrama de flujo: Control de posición y velocidad  
Fuente: Elaboración propia



## Capítulo 5 Costos

En la Tabla 5-1 se muestra el detalle de precios unitarios y subtotales de los elementos mecánicos del sistema mecatrónico los cuales están constituidos por acoples, carcasas y soportes.

Parte mecánica				
Cantidad	Elemento	Material	Precio unitario soles	Precio soles
4	Bocina de Llanta	Aluminio 6061	80	320
1	Carcasa	ABS	2300	2300
1	Estructura	Aluminio 6061	340	340
1	Soporte Base	Aluminio 6061	100	100
4	Soporte en L	Aluminio 6061	80	320
1	Soporte Baterías	Aluminio 6061	40	40
1	Soporte Router	Aluminio 6061	45	45

Tabla 5-1: Costo de elementos mecánicos  
Fuente: elaboración propia

- Total de la parte mecánica : 3465.00 nuevos soles

**Nota:** Los precios de fabricación de los componentes mecánicos incluyen materiales y mano de obra,

La Tabla 5-2 muestra el detalle de los precios unitarios y subtotales en soles y dólares de los dispositivos electrónicos que son parte del sistema mecatrónico, los cuales están constituidos por sensores, CPU, switch y actuadores.

<b>Parte electrónica</b>					
<b>Cantidad</b>	<b>Elemento</b>	<b>Precio unitario S/.</b>	<b>Precio S/.</b>	<b>Precio unitario \$</b>	<b>Precio \$</b>
1	Cámara Ip			731.95	731.95
1	Controlador de Temperatura CT-SF-15-C3			495.00	495.00
1	CPU Siemens 1214c			332.00	332.00
2	Driver 1065			80.00	160.00
2	Encoder	765.0	1530.0		
2	Iluminación LEDS LDL2-33			73.50	147.00
1	Modulo E/S Siemens SM1234			261.86	261.86
2	Motores Gear DC 3271 18:1			66	132.00
1	Procesador de comunicaciones Siemens CP 1242-7			426.69	426.69
1	Router Industrial Siemens Scalance m875			1313.00	1313.00
1	Materiales	206.1	206.1		
16 hrs	Mano de obra	200.0	200.0		

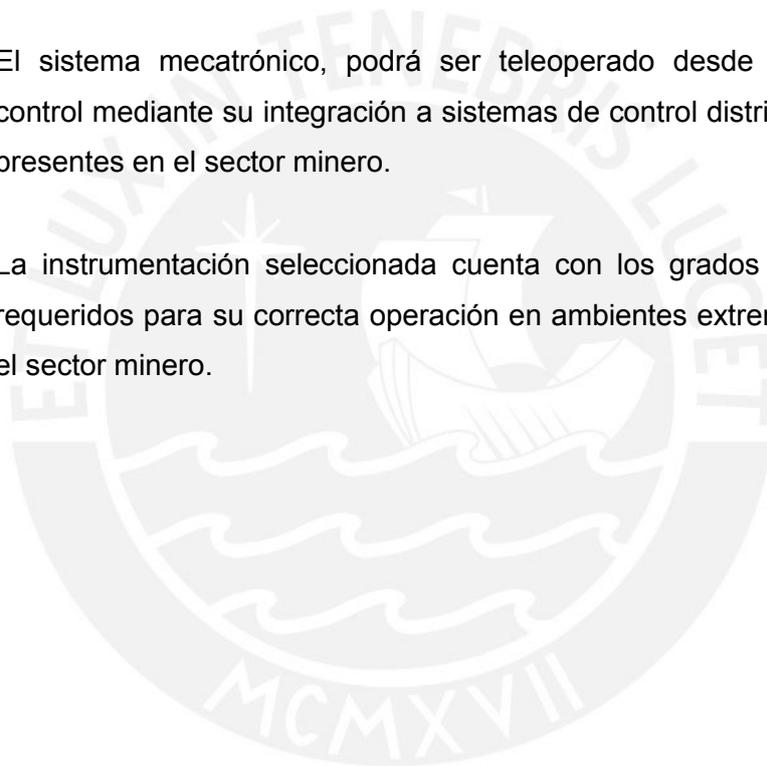
Tabla 5-2: Presupuesto de la parte electrónica  
Fuente: elaboración propia

**Nota:** Los materiales cotizados son propios del conexionado eléctrico y la mano de obra cotizada incluye el montaje, ensamblaje y pruebas del sistema.

- Total de la parte dólares : 3999.50 nuevos soles
- Tipo de cambio al 25/10/2017 : 3.23
- Total de la parte electrónica soles : 14854.49 nuevos soles
- Total del sistema mecatrónico : 18319.49 nuevos soles

## Capítulo 6 Conclusiones

- Se logró el diseño de un sistema mecatrónico que realiza el monitoreo de los parámetros de la faja transportadora: dimensión de grietas, espesor de la faja y temperatura de los polines y enviarlos a un Servidor.
- El sistema mecatrónico tiene la capacidad de desplazarse hacia distintas zonas importantes de la faja transportadora. Dicho desplazamiento lo realiza sobre un riel, el cual se encuentra instalado a la estructura de la faja transportadora.
- El sistema mecatrónico, podrá ser teleoperado desde una estación de control mediante su integración a sistemas de control distribuidos o SCADA, presentes en el sector minero.
- La instrumentación seleccionada cuenta con los grados de protección IP requeridos para su correcta operación en ambientes extremos presentes en el sector minero.



## Capítulo 7 Bibliografía

- [1] Deloitte  
2013 Tendencias para el 2014. Lima. 2013
- [2] DREBENSTEDT,C y SIGNGAL,Raj  
2013 Mine Planning and Equipment Selection, Proceedings of the 22nd MPES Conference,Dresden, Germany, 14th–19th October 2013ABC, pp. 1117 -1126, 2013.
- [3] LOHR, S  
2012 Looking to Industry for the Next Digital. *The New York Times*, 2012
- [4] PANG, Yusong,  
2013 Intelligent Belt Conveyor Monitoring and Control, pp. 781 - 786, 1998.
- [5] LODEWIJKS, Gabriel,  
2013 Strategies for Automated Maintenance of Belt Conveyor, Systems, Dresden. The Netherlands University of Technology, 2013.

## Listado de Anexos

Anexo 1: Bucles conductores de acero .....	2
Anexo 2: Sistemas de detección de corte de correas .....	3
Anexo 3: Sensor inductivo analógico .....	12
Anexo 4: Sensor de temperatura infrarrojo CT-SF-15-C3 .....	13
Anexo 5: Estándares de protección IP .....	15
Anexo 6: Hoja de datos Encoder M50SA .....	16
Anexo 7: Hoja de Datos Motor DC gear motor 3271_1 - 24V/20.3Kg-cm/139RPM 18:1 .....	17
Anexo 8: Batería LiPo, 6 cell 22.2 Battery Pack.....	18
Anexo 9 Conversor DC-DC PicoPSU 120 WI-25 .....	18
Anexo 10: PLC Siemens S7-1200 CPU 1214C 6ES7 214-1BG31-0XB0 .....	20
Anexo 11: Módulos de E/S SM 1234 6ES7 234-4HE32-0XB0 .....	21
Anexo 12: Modulo de comunicaciones de GPRS CP 1242-7 6GK7 242-7KX30-0XE0 .....	23
Anexo 13: Antenna ANT794 for LTE.....	24
Anexo 14: Hoja de Datos ROUTER UMTS SCALANCE M875 6GK5875-0AA10-1AA2 .....	25
Anexo 15: Cálculo de duración de la batería .....	28
Anexo 16: Cálculo de Torque mínimo .....	30
Anexo 17: Cálculo de velocidad angular mínima de operación .....	32
Anexo 18 Selección del motor.....	34
Anexo 19 Condiciones de operación .....	35
Anexo 20 Simulaciones del Riel.....	36
Anexo 21 Selección de encoder.....	39
Anexo 22 Cálculo del número de impulsos equivalentes a 1 cm.....	40
Anexo 23 Arquitecturas de Comunicaciones .....	41
Anexo 24 Coeficientes de fricción .....	43
Anexo 25 Proformas.....	43
Anexo 26 Planos de despiece y ensamble .....	50

## Anexo 1: Bucles conductores de acero

### INTRODUCCIÓN AL EQUIPO

#### ¿CÓMO FUNCIONA?

Bucles conductores vulcanizados en el lado retomo de la correa, comúnmente llamados antenas, son monitoreados por los sensores de Coal Control GmbH, ubicados en las zonas de alto potencial de riesgo de corte, conectados hacia un computador. Al movimiento de la correa las antenas pasan por los sensores siendo registradas en su totalidad. En el caso que la correa empiece a cortarse, una antena también se cortará, lo cual será detectado por el computador quien detendrá la correa inmediatamente impidiendo que el corte sea mayor.

### 100% TECNOLOGÍA ALEMANA DE ÚLTIMA GENERACIÓN

Coal Control GmbH, con su amplia experiencia en sistemas de transporte de material en minería, constantemente realiza innovaciones de sus productos, logrando desarrollar un diseño especial para las aplicaciones más exigentes.

### BUCLES CONDUCTORES (ANTENAS):

- Antena redundante (Dos antenas en una) para una mayor vida útil.
- Diseño rectangular; sin espiras que se cortocircuiten por la fricción propia del trabajo.
- Antena de diseño simple y de alto desempeño, que la hacen independiente de la ubicación de los sensores y del alineamiento de la faja.
- Resistente y flexible, conformada totalmente de hilos de acero. Las antenas con núcleo de cobre, por su rigidez, son más propensas a quebrarse y provocar falsos contactos.
- El uso de componentes especiales de caucho en la construcción de la antena, aseguran una mejor adhesión, desempeño y alargan su vida útil.

## Anexo 2: Sistemas de detección de corte de correas

---



### DETECTOR DE CORTE POR ANTENAS PARA FAJAS DE ACERO

EMSYS



Calle Antenas N° 328, Urbanización La Albarada, Oficina N° 805, Torre A, Centro Empresarial El Trigal, Santiago de Surco, Lima.  
Teléfono: (51) 011-2240 - 857-2561 - 857-2342 - 637-2343  
E-Mail: ventas@ttmperu.pe

MCMXVII

## 1 SINTESIS CORPORATIVA

TTM: Fundada en 1982, TTM se especializa en el suministro integral de componentes, monitoreo y mantenimiento de sistemas transportadores de minerales, diferenciándose por su capacidad innovadora para desarrollar soluciones de acuerdo a la necesidades de sus clientes y apoyada en la mejor tecnología disponible a nivel mundial. Esto a objeto de entregarles la máxima confiabilidad de sus instalaciones al menor costo por tonelada transportada.

## 2 DESCRIPCIÓN TÉCNICA

Este sistema basa su funcionamiento en el monitoreo constante de antenas de inducción, vulcanizadas sobre la correa transportadora. El sistema cuenta con un par sensor Transmisor/Receptor encargado de realizar el monitoreo de las antenas mencionadas.



Imagen 1. Sistema detector de corte por antenas EMSYS.

En caso de generarse un corte longitudinal en la correa, se producirá un error en la lectura de una o más antenas de inducción, lo que el sistema interpreta como corte de correa, generando la alarma correspondiente.

Es posible utilizar hasta 3 par sensor en el sistema, cada uno de los cuales es posible activar o desactivar según las necesidades. La distancia máxima que puede existir entre los sensores y la unidad de control, es de 200 metros.

Este sistema cuenta además de un sensor de recorrido, el cual está encargado de medir la extensión total de la correa y la velocidad de desplazamiento.

Para la construcción de este sistema, es necesario primero que todo aplicar un cuestionario del transportador en el punto específico de instalación. Estas medidas permitirán validar técnicamente, por el fabricante, la posibilidad de instalación del sistema, además de la construcción de acuerdo a las medidas del transportador.

**DETECTOR DE CORTE POR ANCHO PARA FAJAS**  
**TRANSPORTADORAS**

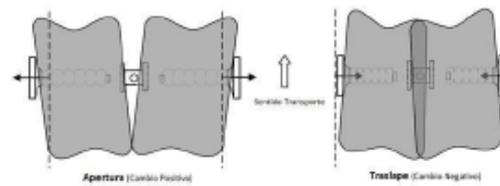


**TTM PERU SAC**

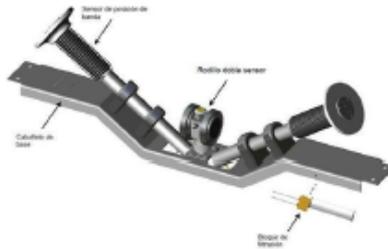
### 3. DESCRIPCIÓN TÉCNICA

#### 3.1 Sistema Detección de Corte por Ancho.

Este sistema se basa en el principio de que, al ocurrir un corte longitudinal ó un traslape de la correa, se producirá una variación anormal del ancho de la correa.



El sistema realiza mediciones periódicas del ancho de la correa, cada una de las cuales son comparadas con perfil almacenado durante el proceso de aprendizaje. En caso de detectar una variación por sobre los umbrales permitidos, los cuales son configurables, genera una alarma de corte en la correa. Estas mediciones son realizadas por sensores de posición los cuales están montados sobre un soporte metálico adosado al transportador.



**Coal Control**  
Gesellschaft für Automation mbH

**SISTEMA DE DETECCION DE CORTE DE CORREA  
BELT RIP DETECTION SYSTEM BPS-A1**



*Soluciones Creativas para un Mantenimiento Exigente*

¿Utiliza correas textiles o de alma de acero para transportar sus materiales? ¿Alguna vez ha experimentado un corte en su correa transportadora?

No le gustaría tener esa catástrofica experiencia.

Coal Control GmbH protege la inversión en su correa transportadora con equipos 100 % tecnología Alemana de última generación que mantendrán los cortes de correa al mínimo, ahorrándole millones de dólares en tiempo de producción y reemplazo de la correa.

### ¿ POR QUÉ ES NECESARIO TENER UN SISTEMA DE DETECCIÓN DE ROTURA DE CORREA 100% DISPONIBLE?



**Coal Control**  
Gesellschaft für Automation mbH

Tanto en las correas de alma de acero como en las textiles se producen cortes longitudinales debido a cuerpos extraños, el propio material o la estructura portante. Coal Control GmbH le ofrece la posibilidad de proteger los puntos de riesgo más frecuentes e imprevisibles en su correa transportadora.

En caso de un corte en la correa los daños son ciertamente incalculables, considerando el tiempo de parada necesario para llevar a cabo la reparación y los costos de reposición de la correa.

Los sistemas de detección de corte de correa Coal Control GmbH son capaces de detectar a tiempo estos cortes longitudinales, reduciéndolos a una distancia mínima y así evitar largos tiempos de parada de muchos procesos productivos en ejecución. Así como otros costos relacionados a la parada que no se pueden determinar pero que normalmente son los mas altos.





En el año 2010, en una mina del Perú, se produjo el corte de 1100 metros de correa por partes del sistema de limpieza de la correa que cayeron sobre el lado retorno y fueron aprisionados contra la polea motriz, en una faja transportadora de chancado primario de 3 Km de largo, debido a una mala ubicación de los sensores del sistema de detección de rotura de correa. Los costos fueron de 750 mil dólares y 4 días de parada.

En el año 2012, en una planta cementera Argentina, se produjo un corte de 1600 metros de una banda transportadora de 2400 metros de longitud, debido al desprendimiento de partes de chute de carga, atorados en el chute de descarga, las pérdidas fueron de alrededor de los 2.5 millones

de dólares y varios días de parada. La banda no contaba con un sistema de detección de corte.

En el año 2013 en una mina de la sierra sur del Perú se produjo el corte de 850 metros de una banda transportadora de 6.5 Km, a pocos meses de su puesta en marcha, debido a partes de la tolva de un volquete que llegaron hasta el chute, produciendo el daño, las pérdidas fueron millonarias.

Kingdom Solutions SRL, empresa dedicada a proveer soluciones integrales a problemas en sistemas de producción en minería, tiene la representación de ventas en el Perú y Colombia y de servicio especializado a nivel Sudamérica de los equipos Coal Control GmbH y ha sido capacitada y certificada en la fábrica en Alemania en la construcción, diseño, instalación, calibración y mantenimiento de sus equipos de detección de corte de correa, además contamos con una amplia experiencia en minería, realizando diversos trabajos en Perú, Colombia, México y Estados Unidos, ofreciendo una atención local especializada y de pronta respuesta.

**Coal Control**  
Gesellschaft für Automation mbH



**KINGDOM**  
SOLUTIONS

## SENSORES:



➤ Indicador de campo del correcto funcionamiento del sensor, ubicado en el transmisor.

➤ Indicador de campo del correcto funcionamiento del sensor y de la detección de la antena, ubicados en el receptor; los cuales permiten un rápido diagnóstico de su funcionamiento.

➤ Potenciómetro para graduar la sensibilidad, ubicado en el receptor.



➤ Conector de campo que evita empalmes en el caso de daños a los cables de los sensores. Menor costo de mantenimiento.

➤ Los sensores detectan TODO tipo de antenas, de todas las marcas de correas.

➤ Los sensores emiten una señal analógica de 0% a 100% en el controlador, indicando de manera más completa y detallada el estado de la antena; permitiendo el monitoreo a lo largo de su ciclo de vida, haciendo posible inhibiciones antes de la falla. Mantenimiento predictivo.

- Soportes articulados con un sistema de ajuste manual que permite realizar la fijación inmediata, sin necesidad de llaves especiales. Mantenimiento simple.



## CONTROLADOR COMPUTARIZADO:



➤ Computador industrial con pantalla LCD de 13 pulgadas, "touchscreen".

➤ Entorno de trabajo Windows que facilita la operación y el mantenimiento del equipo.

➤ Pantallas de operación y configuración con animación y de diseño amistoso tipo "HMI".

➤ Con el computador integrado no se requiere de ningún accesorio para realizar la calibración, diagnóstico y/o monitoreo del funcionamiento del sistema.

➤ Transmisión de datos vía EtherNet, Profibus y RS485 que permite monitorearlo de manera remota y conectarlo hacia el sistema de control principal.

➤ Control de hasta 7 puntos de protección remotos (esclavos) por cada controlador maestro. Menor costo de implementación.

- Diseño modular, capacidad de repotenciación y menor costo de reparación.

- Control de hasta 4 zonas de riesgo con un solo controlador. Menor costo de implementación.

- Acabado completamente en Acero Inoxidable con protección IP66.

- Servicio local especializado - Representante local en el Perú en ventas y servicios, capacitado y especializado en Alemania.



## VULCANIZADO EN CALIENTE DE BUCLES CONDUCTORES (ANTENAS)

Kingdom Solutions SRL, como parte de su servicio especializado, cuenta con una prensa Alemana para la inserción de antenas en caliente, tanto para fajas de alma de acero como textiles, dicha prensa genera un reporte del vulcanizado, en donde se muestra: El tiempo de cocción, la presión y la temperatura aplicados, garantizándole así la calidad del servicio.



### OTROS SERVICIOS:



### KINGDOM SOLUTIONS SRL le ofrece también:

- Instalación, calibración y mantenimiento especializado de detectores de metales para minería, agregados, industria alimentaria e industria en general.
- Instalación, calibración y mantenimiento especializado de balanzas para fajas transportadoras.
- Proyectos de automatización.
- Capacitación en: Operación y mantenimiento de variadores de media tensión, Configuración de relés de protección Multilin SR469, Programación de PLC's.
- Mantenimiento especializado de sistemas de transporte en fajas.
- Instrumentación para transportadores.

[www.kingdomsolutions.com.pe](http://www.kingdomsolutions.com.pe)  
[info@ks.com.pe](mailto:info@ks.com.pe)  
+51(0)54 436837 +51(0)54 958 459764

Calle Chidayo 215  
Urb. San Martín de Socabaya  
AREQUIPA - PERÚ

Todo lo puedo en Cristo que me fortalece (Filipenses 4:13)

## Anexo 3: Sensor inductivo analógico

■ Sensor analógico, inductivo

IA40-FP-I3-P1



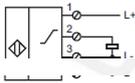
### Referencia de pedido

IA40-FP-I3-P1

### Características

- 40 mm no enrasado
- 3 hilos CC
- Indicadores analógicos ind.
- Salida 0 mA ... 20 mA

### Conexión

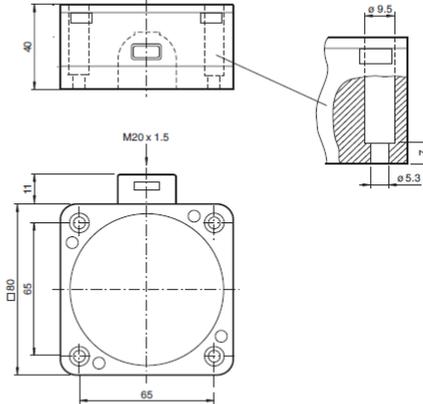


### Accesorios

DA5-IU-C  
Display digital

Fecha de publicación: 2010/06-17 11:41 Fecha de edición: 2010/06-17 09:56\_spa.rtf

### Dimensiones



### Datos técnicos

#### Datos generales

Función del elemento de conmutación	salida de corriente analógica
Instalación	no enrasado
Polaridad de salida	CC
Elementos de manejo	Acero estructural, p. ej. 1.0037, S235JR (anteriormente St37-2)
Rango de medición	15 ... 40 mm

#### Datos característicos

Reproducibilidad	0 ... 6 $\mu$ m
------------------	-----------------

#### Datos característicos de seguridad funcional

MTTF <sub>a</sub>	1470 a
Duración de servicio (T <sub>10</sub> )	20 a
Factor de cobertura de diagnóstico (DC)	0 %

#### Datos eléctricos

Tensión de trabajo	U <sub>B</sub> 15 ... 30 V CC
Corriente en vacío	I <sub>0</sub> $\leq$ 9 mA

#### Salida analógica

Tipo de salida	0 ... 20 mA
Error de linealidad	$\leq$ 10 % del valor final
Resistencia de carga	$\leq$ 500 $\Omega$
Inclinación de la corriente	
0 ... 20 mA	máx. 12 A/s
20 ... 0 mA	máx. 5.1 A/s
Tiempo de desionización	1 ... 10 ms, tipo 5 ms
Tolerancia ajuste del punto cero	$\leq$ 10 % del valor final
Deriva de temperatura	$\leq$ 0.1 %/K del valor final
Pendiente de tensión de trabajo	$\leq$ 0.5 %
Rizado residual	$\pm$ 30 $\mu$ A

#### Condiciones ambientales

Temperatura ambiente	-10 ... 70 °C (14 ... 158 °F)
----------------------	-------------------------------

#### Datos mecánicos

Tipo de conexión	Compartimento de terminales
Sección transversal	hasta 2,5 mm <sup>2</sup>
Material de la carcasa	PBT
Superficie frontal	PBT
Base de la carcasa	PBT
Tipo de protección	IP67

#### Conformidad con Normas y Directivas

Conformidad con estándar	
Estándar	EN 60947-5-2:2007 IEC 60947-5-2:2007 EN 60947-5-7:2003 IEC 60947-5-7:2003

#### Autorizaciones y Certificados

Autorización UL	cULus Listed, General Purpose
Autorización CSA	cCSAus Listed, General Purpose
Autorización CCC	Los productos cuya tensión de trabajo máx. $\leq$ 36 V no llevan el marcado CCC, ya que no requieren aprobación.

Anexo 4: Sensor de temperatura infrarrojo CT-SF-15-C3



More Precision

**thermoMETER**  
Non-contact IR temperature sensors



MCMXVII

## Hoja de datos del controlador del sensor de temperatura:

Model		CT-SF02-C3	CT-SF15-C3	CT-SF22-C3
Optical resolution		2:1	15:1	22:1
Temperature range <sup>1</sup>		-50°C to 600°C	-50°C to 600°C	-50°C to 975°C
Spectral range		8 to 14µm		
System accuracy <sup>2</sup>		<1% or <1°C		
Repeatability <sup>2</sup>		<0.5% or <0.5°C		
Temperature resolution		<0.1°C		
Response time		150ms (95%)		
Emissivity/gain <sup>1</sup>		0.100 to 1.100		
Transmissivity/gain <sup>1</sup>		0.100 to 1.100		
Signal processing <sup>1</sup>		peak hold, valley hold, average; extended hold function with threshold and hysteresis		
Certificate of calibration		optional		
Outputs/analog	channel 1 channel 2 optional	0/4 to 20mA, 0 to 5/10V, thermocouple J, K sensor temperature (-20 to 180°C as 0 to 5V or 0 to 10V), alarm output relay: 2 x 60VDC/ 42VAC, 0.4A, optically isolated		
Outputs/digital	optional	USB, RS232, RS485, CAN, Profibus DP, Ethernet		
Output impedances	current output voltage output	mA max: 500Ω (with 8 to 36VDC) mV min: 100kΩ load impedance thermocouple 20Ω		
Inputs		programmable functional inputs for external emissivity adjustment, ambient temperature compensation, trigger (reset of hold functions)		
Cable length		1m, 3m (standard), 8m, 15m		
Power supply		8 to 36VDC, max: 100mA		
Environmental rating		IP 65 (NEMA-4)		
Ambient temperature	sensor controller	-20°C to 130°C		-20°C to 180°C
Storage temperature	sensor controller	-40°C to 130°C		-40°C to 180°C
Relative humidity		10 - 95%, non condensing		
Vibration	sensor	IEC 68-2-6: 3G, 11 to 200Hz, any axis		
Shock	sensor	IEC 68-2-27: 50G, 11ms, any axis		
Weight		sensor: 40g, controller: 420g		

<sup>1</sup> adjustable via controller or software  
<sup>2</sup> ± ambient temperature 23 ±5°C, whichever is greater



## Anexo 5: Estándares de protección IP

### Estándares de protección IP y NEMA

El **Grado de protección IP** hace referencia al [estándar](#) estadounidense **ANSI/IEC 60529-2004 Degrees of Protection** utilizado con mucha frecuencia en los datos técnicos de equipamiento eléctrico y/o electrónico (en general de uso industrial como sensores, medidores, controladores, etc).

Los equipos diseñados para trabajo en **ambientes hostiles** deben cumplir con **ciertos estándares** que aseguren su robustez y permitan a la gente saber hasta dónde pueden llegar en su utilización.

Especifica un efectivo sistema para clasificar los diferentes grados de protección aportados a los mismos por los **contenedores** que resguardan los componentes que constituyen el equipo. Así sabremos si son los adecuados para una aplicación que **funcionará bajo condiciones extremas**, es necesario revisar sus **especificaciones mecánicas**, donde generalmente encontraremos **grados IP, NEMA o IEC**.

De esta manera, por ejemplo, cuando un equipamiento tiene como grado de protección las siglas: **IP67**.

- Las letras **IP** identifican al estándar (una antigua herencia de la terminología International Protection).
- El valor **6** en el primer dígito numérico describe el nivel de protección ante polvo, en este caso: *"El polvo no debe entrar bajo ninguna circunstancia"*
- El valor **7** en el segundo dígito numérico describe el nivel de protección frente a líquidos (normalmente agua), en nuestro ejemplo: *"El objeto debe resistir (sin filtración alguna) la inmersión completa a 1 metro durante 30 minutos."*

Actualmente la mayoría de los [sensores inductivos capacitivos](#) y [fotoeléctricos](#) que se comercializan en el mercado tienen un nivel de protección mínimo de IP67, los cuales los hacen aptos para soportar la mayoría de los ambientes agresivos que se dan en la industria.



El sistema de clasificación IP proporciona un medio de clasificar el grado de protección de sólidos (como polvo) y líquidos (como agua) que el equipo eléctrico y gabinetes deben reunir. El sistema es reconocido en la mayoría de los países y está incluido en varios estándares, incluyendo el IEC 60529.

**Tabla de grados IP**

	Primer Número - Protección contra sólidos		Segundo Número - Protección contra líquidos		Tercer Número - Protección contra impactos mecánicos (generalmente omitido)
0	Sin Protección	0	Sin Protección	0	Sin Protección
1	Protegido contra objetos sólidos de más de 50mm	1	Protegido contra gotas de agua que caigan verticalmente	1	Protegido contra impactos de 0.225 joules
2	Protegido contra objetos sólidos de más de 12mm	2	Protegido contra rocíos directos a hasta 15° de la vertical	2	Protegido contra impactos de 0.375 joules
3	Protegido contra objetos sólidos de más de 2.5mm	3	Protegido contra rocíos directos a hasta 60° de la vertical	3	Protegido contra impactos de 0.5 joules
4	Protegido contra objetos sólidos de más de 1mm	4	Protegido contra rocíos directos de todas las direcciones - entrada limitada permitida	4	Protegido contra impactos de 2.0 joules
5	Protegido contra polvo - entrada limitada permitida	5	Protegido contra chorros de agua a baja presión de todas las direcciones - entrada limitada permitida	5	Protegido contra impactos de 6.0 joules
6	Totalmente protegido contra polvo	6	Protegido contra fuertes chorros de agua de todas las direcciones - entrada limitada permitida	6	Protegido contra impactos de 20.0 joules
7		7	Protegido contra los efectos de la inmersión de 15cm - 1m	7	
8		8	Protegido contra largos periodos de inmersión bajo presión	8	

# Anexo 6: Hoja de datos Encoder M50SA

## Incremental 50-mm-Dia. Rotary Encoder

M50SA

General purpose Encoder with External Diameter of 50mm

- Incremental model
- External diameter of 50mm
- Resolution up to 5000 ppr.
- Various output type
- Solid shaft with Dia at 8 mm



### Ordering Information



#### Section 1: Basic model name

M50SA: 50mm Rotary Encoder (Mounting Type A)

#### Section 2: Shaft Size

8: Solid shaft with Dia at 8 mm

#### Section 3: Resolution

10: 10 ppr

20: 20 ppr

40 50 60 80 100 120 125 150

200 228 240 250 254 300 360 400 450

480 500 512 600 625 720 750 800 900

1000 1024 1080 1200, up to 5000

Not indicated resolution is customizable

#### Section 4: Output phase

3: A B Z

6: A X B Z Z

#### Section 5: Output type

C: Complementary (also known as totem pole)

N: NPN Open collector

P: PNP Open collector

V: Voltage output

L: Line driver (Power source 5VDC ONLY, Phase 6)

T: Push-Pull (With inverted signal, Phase 6)

#### Section 6: Power Supply

8: 8-30 VDC(+/- 5%)

5: 5 VDC(+/- 5%)

#### Section 7: Cable outgoing type

S: Side entry cable

R: Rear entry cable

▲ Standard cable length is 2M

### Ratings and Specifications

Power supply: 5 VDC / 8-30 VDC

Resolution: 5-5400 ppr

Current consumption: 150mA (Load disconnected)

Load current: 50mA maximum per channel 20mA maximum per channel (Line driver output)

Output type: NPN/ PNP open collector/ Complementary/ Voltage/ Line Driver/ Push-Pull (HTL with reverse signal)

Frequency: 100K HZ Frequency/ RPM\*Resolution/9

Maximum permissible speed: 6000 rpm

Shaft loading radial: 10N

Shaft loading thrust: 20N

Weight: Approx 0.25KG

Protection level: IP50

Temperature: operation: -10°C ~ +70°C, storage: -30°C ~ +85°C

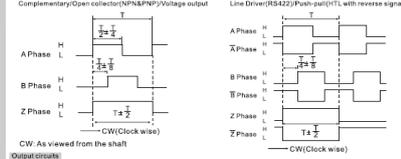
Vibration resistance: 50m/s, 10-65 HZ, 1 mm double amplitude for 2 hours each in X, Y, and Z directions

Shock resistance: 980m/s, 6m/s 2 times each in X, Y, and Z directions

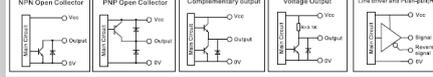
Starting torque: 1.5 x 10<sup>-3</sup> N.m Maximum

### Output circuits and wave forms

Waveforms: Complementary Open collector (NPN/ PNP) Voltage output Line Driver (RS422) Push-pull (HTL with reverse signal)



### Output circuit

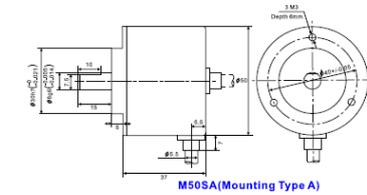


### Wiring Details

Complementary Open collector (NPN/ PNP) Voltage output Line Driver (Push-pull) (HTL with reverse signal)



### Mounting and Dimensions



**MAXWELL**

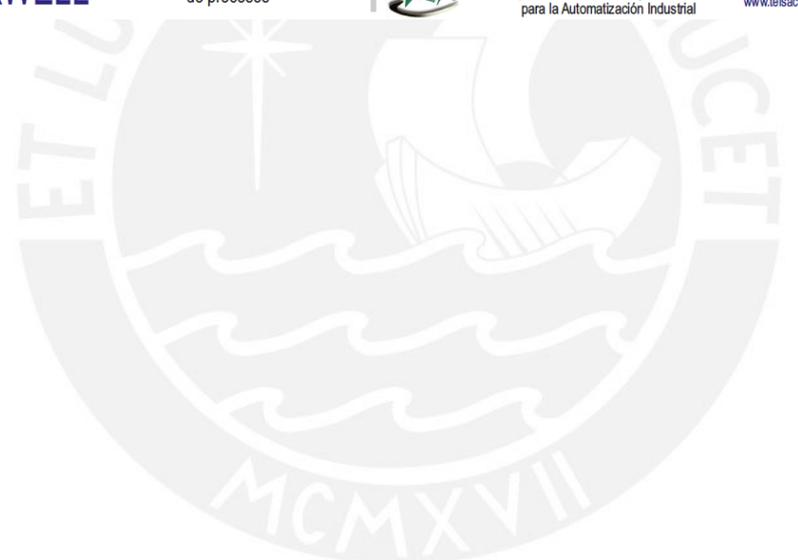
Encoder para la industria y control de procesos



**TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL SAC**

Especialistas en Tecnología Electrónica para la Automatización Industrial

www.teisac.net



**Anexo 7: Hoja de Datos Motor DC gear motor 3271\_1 - 24V/20.3Kg-cm/139RPM 18:1**

**Motor Properties**

Motor Type	DC Motor
Output Power (Mechanical)	30 W
Maximum Speed at Rated Voltage	139 RPM
Rated Torque	20.4 kg·cm
Stall Torque	132 kg·cm

**Electrical Properties**

Rated Voltage	24 V DC
Rated Current	2.2 A
Stall Current	10.8 A

**Physical Properties**

Shaft Diameter	12 mm
Wire Length	300 mm
Weight	1.5 kg

**Gearbox Specifications**

Gearbox Type	Planetary
Gear Ratio	18 $\frac{1}{16}$ : 1
Number of Gear Trains	2
Maximum Strength of Gears	153 kg·cm
Shaft Maximum Axial Load	200 N
Shaft Maximum Radial Load	100 N
Backlash Error	3°

## Anexo 8: Bateria LiPo, 6 cell 22.2 Battery Pack

ON SALE! LiPo 11,000 6-cell 22.2v Battery Pack

[View](#)



- 11,000mah capacity
- 6-cell 22.2 volts
- True 40C rating
- Lifetime warranty

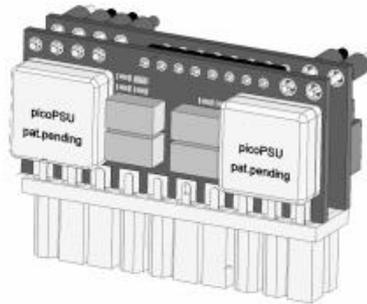
Plug:

Balancing Taps:

List Price: ~~\$569.99~~  
You save \$210.00  
Price: \$359.99

[Add to Cart](#)

## Anexo 9 Conversor DC-DC PicoPSU 120 WI-25



### picoPSU-120-WI-25

12-25V, 120Watt  
ATX Power Supply

### Quick Installation Guide

Version 1.0b  
P/N picoPSU-120-WI-25

- 2) Connect a 12-25VDC power adapter (peak should not exceed 26.5V) to the input connector.
- 3) Turn on the PC using the motherboard ON/OFF switch

#### Typical configuration

The picoPSU-120-WI-25 has been tested with all mini-ITX board under virtually any disk/floppy/CDROM/PCI configuration.

#### Removing the picoPSU-120-WI-25

In order to remove the picoPSU you must release the power connector latch and then remove the unit. Gently lift the picoPSU out from the ATX connector, by grabbing from the picoPSU PCB, not from components or the wire harness.

#### Specifications, picoPSU-120-WI-25, 120Watts DC-DC ATX PSU

Power Ratings (Max Load = 120 Watts)

Volts (V)	Max Load (A)	Peak Load (A)	Regulation %
5V	6A	8A	+/- 1.5%
5VSB	1.5A	2A	+/- 1.5%
3.3V	6A	8A	+/- 1.5%
-12V	0.1A	0.1A	+/- 5%
12V	6A	8A	+/- 3%

At max load, forced air ventilation is required. For fanless operation and/or high V(In) de-rate the combined output of the 3.3, 5V and 12V rails by ~20-40%. Peak load should not exceed 60 seconds.

#### Efficiency Ratings, 3.3 and 5V rail @ 16V input

CH1=5V	Efficiency (%)	CH2=3.3V	Efficiency (%)
1A	86%	1A	85%
3A	94%	3A	93%
5A	96%	5A	95%
8A	93%	8A	91%



## Anexo 10: PLC Siemens S7-1200 CPU 1214C 6ES7 214-1BG31-0XB0

© Siemens AG 2013

### SIMATIC S7-1200 Central processing units

#### CPU 1214C

#### Overview



- The compact high-performance CPU
- With 24 integral input/outputs
- Expandable by:
  - 1 signal board (SB) or communication board (CB)
  - 8 signal modules (SM)
  - Max. 3 communication modules (CM)

3

#### Technical specifications

General information	As of STEP 7 V11.0 SP2	As of STEP 7 V11.0 SP2	As of STEP 7 V11.0 SP2
Engineering with • Programming package	As of STEP 7 V11.0 SP2	As of STEP 7 V11.0 SP2	As of STEP 7 V11.0 SP2
<b>Supply voltage</b> 24 V DC	Yes	Yes	Yes
120 V AC	Yes		
230 V AC	Yes		
<b>Encoder supply</b> 24 V encoder supply • 24 V	Permissible range: 20.4 to 28.8 V	Permissible range: 20.4 to 28.8 V	Permissible range: 20.4 to 28.8 V
<b>Power losses</b> Power loss, typ.	14 W	12 W	12 W
<b>Memory</b> Work memory • integrated	75 kbyte	75 kbyte	75 kbyte
Load memory • integrated	4 Mbyte	4 Mbyte	4 Mbyte
Backup • without battery	Yes	Yes	Yes
<b>CPU processing times</b> for bit operations, typ.	0.085 µs; / instruction	0.085 µs; / instruction	0.085 µs; / instruction
for word operations, typ.	1.7 µs; / instruction	1.7 µs; / instruction	1.7 µs; / instruction
for floating point arithmetic, typ.	2.5 µs; / instruction	2.5 µs; / instruction	2.5 µs; / instruction
<b>Data areas and their retentivity</b> Flag • Number, max.	8 kbyte; Size of bit memory address area	8 kbyte; Size of bit memory address area	8 kbyte; Size of bit memory address area
<b>Address area</b> Process image • Inputs, adjustable • Outputs, adjustable	1 kbyte 1 kbyte	1 kbyte 1 kbyte	1 kbyte 1 kbyte
<b>Time of day</b> Clock • Hardware clock (real-time clock)	Yes	Yes	Yes
<b>Digital inputs</b> Number/binary inputs • of which, inputs usable for technological functions	14; integrated 6; HSC (High Speed Counting)	14; integrated 6; HSC (High Speed Counting)	14; integrated 6; HSC (High Speed Counting)
<b>Digital outputs</b> Number/binary outputs • of which high-speed outputs	10; Relay 4; 100 kHz Pulse Train Output	10 4; 100 kHz Pulse Train Output	10; Relay
<b>Analog inputs</b> Integrated channels (AI)	2; 0 to 10 V	2; 0 to 10 V	2; 0 to 10 V
Input ranges • Voltage	Yes	Yes	Yes
<b>1st interface</b> Type of interface	PROFINET	PROFINET	PROFINET
Physics	Ethernet	Ethernet	Ethernet
Functionality • PROFINET IO Controller	Yes	Yes	Yes

3

Communication functions			
S7 communication			
• supported	Yes	Yes	Yes
Open IE communication			
• TCP/IP	Yes	Yes	Yes
• ISO-on-TCP (RFC1006)	Yes	Yes	Yes
• UDP	Yes	Yes	Yes
Web server			
• supported	Yes	Yes	Yes
Integrated Functions			
Number of counters	6	6	6
Counter frequency (counter) max.	100 kHz	100 kHz	100 kHz
Frequency meter	Yes	Yes	Yes
controlled positioning	Yes	Yes	Yes
PID controller	Yes	Yes	Yes
Number of alarm inputs	4	4	4
Number of pulse outputs		2	
Limit frequency (pulse)		100 kHz	
Ambient conditions			
Operating temperature			
• Min.	-20 °C	-20 °C	-20 °C
• max.	60 °C	60 °C	60 °C
Configuration			
programming			
• Programming language			
- LAD	Yes	Yes	Yes
- FBD	Yes	Yes	Yes
- SCL	Yes	Yes	Yes
Dimensions			
Width	110 mm	110 mm	110 mm
Height	100 mm	100 mm	100 mm
Depth	75 mm	75 mm	75 mm
Weight			
Weight, approx.	455 g	415 g	435 g

## Anexo 11: Módulos de E/S SM 1234 6ES7 234-4HE32-0XB0

SIMATIC S7-1200

SM 1:

### Analog modules

#### SM 1234 analog input/output modules

##### Overview



- Analog inputs and outputs for the SIMATIC S7-1200
- With extremely short conversion times
- For connecting analog actuators and sensors without additional amplifiers
- For solving even more complex automation tasks

3

##### Technical specifications

6ES7 234-4HE32-0XB0 SM 1234 A 1x13 bit AO 2x14 bit		6ES7 234-4HE32-0XB0 SM 1234 A 1x13 bit AO 2x14 bit	
<b>Supply voltage</b>	Yes	<b>Input ranges (rated values), currents</b>	
24 V DC		• 0 to 20 mA	Yes
<b>Input current</b>		• Input resistance (0 to 20 mA)	280 Ω
Current consumption, typ.	60 mA	<b>Thermocouple (TC)</b>	
from backplane bus 5 V DC, typ.	80 mA	• Temperature compensation	No
<b>Power losses</b>		- Parametrizable	
Power loss, typ.	2 W	<b>Analog outputs</b>	
<b>Analog inputs</b>		Number of analog outputs	2; Current or voltage
Number of analog inputs	4; Current or voltage differential inputs	<b>Output ranges, voltage</b>	
permissible input frequency for current input (destruction limit), max.	± 35 V	• -10 to +10 V	Yes
permissible input voltage for voltage input (destruction limit), max.	35 V	<b>Output ranges, current</b>	
permissible input current for voltage input (destruction limit), max.	40 mA	• 0 to 20 mA	Yes
permissible input current for current input (destruction limit), max.	40 mA	<b>Load impedance (in rated range of output)</b>	
Cycle time (all channels) max.	625 μs	• with voltage outputs, min.	1 000 Ω
<b>Input ranges</b>		• with current outputs, max.	600 Ω
• Voltage	Yes; ±10 V, ±5 V, ±2.5 V	<b>Analog value creation</b>	
• Current	Yes; 0 to 20 mA	Measurement principle	Differential
• Thermocouple	No	Integrations and conversion time/resolution per channel	
• Resistance thermometer	No	• Resolution (incl. overrange)	Voltage: 14 bits; Current: 13 bits
• Resistance	No	• Integration time, parametrizable	Yes
<b>Input ranges (rated values), voltages</b>		• Interference voltage suppression for interference frequency 11 in Hz	40 dB, DC to 60 V for interference frequency 50 / 60 Hz
• -10 V to +10 V	Yes	<b>Smoothing of measured values</b>	
• Input resistance (-10 V to +10 V)	≥9 MΩ	• Parametrizable	Yes
• ±2.5 V to ±2.5 V	Yes	• Step: None	Yes
• Input resistance (-2.5 V to +2.5 V)	≥9 MΩ	• Step: low	Yes
• -5 V to +5 V	Yes	• Step: Medium	Yes
• Input resistance (-5 V to +5 V)	≥9 MΩ	• Step: High	Yes

<b>Errors/accuracies</b>		<b>Climatic and mechanical conditions for storage and transport</b>	
Temperature error (relative to input area)	25 °C ±0.1 % to 55 °C ±0.2 % total measurement range	Climatic conditions for storage and transport	
Temperature error (relative to output area)	25 °C ±0.3% to 55 °C ±0.6% total measurement range	• Froo fall	0.3 m; five times, in dispatch package
Basic error limit (operational limit at 25 °C)		• Drop height, max. (in packaging)	
• Voltage, relative to input area	+/- 0.1 %	• Temperature	- Permissible temperature range -40 °C to +70 °C
• Current, relative to input area	+/- 0.1 %	• Air pressure acc. to IEC 60068-2-13	- Permissible air pressure 1080 to 660 hPa
• Voltage, relative to output area	+/- 0.3 %		
• Current, relative to output area	+/- 0.3 %		
Interference voltage suppression for $f = n \times (f_1 \pm 1\%)$ , $f_1 =$ interference frequency		<b>Mechanical and climatic conditions during operation</b>	
• common mode voltage, max.	12 V	Climatic conditions in operation	
<b>Interrupts/diagnostics/ status information</b>		• Temperature	- Permissible temperature range 0 °C to 55 °C horizontal installation 0 °C to 45 °C vertical installation
Alarms		• Air pressure acc. to IEC 60068-2-13	- Permissible air pressure 1080 to 796 hPa
• Alarms	Yes	• Pollutant concentrations	- SO <sub>2</sub> at RH < 60% without condensation SO <sub>2</sub> : < 0.5 ppm; H <sub>2</sub> S: < 0.1 ppm; RH < 60% condensation-free
• Diagnostic alarm	Yes	<b>Connection method</b>	required front connector
Diagnostic messages	Yes	<b>Mechanics/material</b>	
• Diagnostic functions	Yes	Type of housing (front)	Yes
• Monitoring the supply voltage	Yes	<b>Dimensions</b>	
• Wire break	Yes	Width	45 mm
• Short circuit	Yes	Height	100 mm
Diagnosics indication LED		Depth	75 mm
• for status of the inputs	Yes	<b>Weight</b>	
• For status of the outputs	Yes	Weight, approx.	220 g
• for maintenance	Yes		
<b>Galvanic isolation</b>			
Galvanic isolation analog outputs			
• between the channels and the power supply of the electronics	No		
<b>Degree and class of protection (IP)</b>	Yes		
<b>Standards, approvals, certificates</b>			
CE mark	Yes		
C-TICK	Yes		
FM approval	Yes		



## Anexo 12: Modulo de comunicaciones de GPRS CP 1242-7 6GK7 242-7KX30-0XE0

### SIMATIC S7-1200

#### Communication

#### CP 1242-7 GPRS module

#### Overview



The CP 1242-7 communications processor is used to connect a SIMATIC S7-1200 to the globally widespread GSM/GPRS mobile radio network and has the following characteristics:

- Worldwide wireless exchange of data between S7-1200 controllers and/or between S7-1200 controllers and control centers with an Internet connection
  - Communication based on the GPRS (**General Packet Radio Service**) mobile wireless service with data transmission speeds of up to 86 Kbit/s in the downlink and 43 Kbit/s in the uplink
  - GPRS mode with fixed IP addresses and dynamic IP addresses with standard mobile phone contract
  - Time synchronization on the basis of NTP (**Network Time Protocol**)
  - On-demand connection buildup via voice call or text message
  - Sending and receiving of text messages
  - Clearly laid out LED signaling for fast and easy diagnostics
  - Compact industrial enclosure in S7-1200 design for mounting on a standard mounting rail
  - Fast commissioning thanks to easy configuration using STEP 7
- In conjunction with the "Telecontrol Server Basic" software, the CP 1242-7 forms a telecontrol system with further properties:
- Connection of up to 5000 telecontrol stations to the control center via an OPC interface
  - Data buffering in the substations in the event of connection failures
  - Central status monitoring of the substations
  - No special provider services required for fixed IP addresses
  - Teleservice access with STEP 7 to the substations via the Internet

#### Technical specifications

<b>Order No.</b>	6GK7 242-7KX30-0XE0
<b>Product-type designation</b>	CP 1242-7
<b>Transmission rate</b>	
Transfer rate with GPRS transmission	
• with uplink maximum	43 kbit/s
• with downlink maximum	86 kbit/s
<b>Wireless technology</b>	
Type of mobile wireless service	
• is supported	Yes
- SMS	Yes
- GPRS	GPRS (multislot Class 10)
• note	
Type of mobile wireless network is supported	
• GSM	Yes
• UMTS	No
Operating frequency	
• 850 MHz	Yes
• 900 MHz	Yes
• 1800 MHz	Yes
• 1900 MHz	Yes
Transmit power	
• at operating frequency 850 MHz	2 W
• at operating frequency 900 MHz	2 W
• at operating frequency 1800 MHz	1 W
• at operating frequency 1900 MHz	1 W
<b>Interfaces</b>	
Number of electrical connections	
• for external antenna(s)	1
• for power supply	1
Number of slots for SIM cards	1
Design of the electrical connection	
• for external antenna(s)	SMA socket (50 ohms)
• for power supply	
Design of slot for SIM card	Slot under front flap
<b>Supply voltage, current consumption, power loss</b>	
Type of voltage of supply voltage	DC
Supply voltage external	24 V
Relative positive tolerance at 24 V with DC	20 %
Relative negative tolerance at 24 V with DC	20 %
Consumed current from external supply voltage at 24 V with DC	
• typical	0.1 A
• maximum	0.22 A
Resistive loss	2.4 W



## Anexo 13: Antenna ANT794 for LTE

### Antenna ANT794-4MR for LTE (4G)/UMTS (3G)/GSM (2G) Compact Operating Instructions

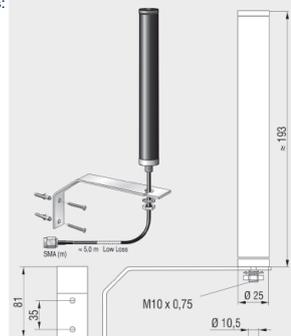
The antenna is intended for industrial applications. Read the instructions in the documentation of the connected SIMATIC NET mobile wireless component.

Stationary antenna for mounting on vertical surfaces with the following functions:

- Antenna with omnidirectional radiation pattern
- Mobile wireless application in LTE (4G), UMTS (3G) and GSM (2G) networks  
For MIMO applications, 2 antennas are required.
- Suitable for indoors and outdoors
- Improvement of the field strength situation in public buildings, halls, underground garages, concrete-steel structures, underpasses, tunnels in conjunction with repeaters
- Mounting with bracket
- Radiator protected in plastic tube
- Fixed RF cable connected to the antenna
- Minimum mounting clearance: 10 cm at 15 dB isolation

Installation: Secure the SMA connector when screwing it to the antenna socket using a suitable tool (e.g. pliers) to prevent the cable twisting.

You will find the current version of this data sheet on the Internet at:



#### Technical specifications of the ANT794-4MR antenna

Mobile wireless networks	LTE 800	GSM 900	GSM 1800, UMTS	LTE 2600
Frequency range	790-862 MHz	890-960 MHz	1710-2170 MHz	2500-2690 MHz
Article number	6NH9860-1AA00			
Standing wave ratio (VSWR)	≤ 1,9 : 1			
Gain	≈ 2 dBi			
Impedance	50 ohms			
Max. power	20 W			
Polarity	linear vertical			
Permitted temperature range	-40 °C to +70 °C			
Connector	SMA connector (m) for connection to mobile wireless devices			
External material	Hard PVC, UV-resistant			
Weight	Antenna with 5 m cable: 310 g Mounting bracket and installation fittings: 54 g			



## Anexo 14: Hoja de Datos ROUTER UMTS SCALANCE M875 6GK5875-0AA10-1AA2 SIEMENS

Hoja de datos

6GK5875-0AA10-1AA2

Denominación del tipo de producto

ROUTER UMTS SCALANCE M875  
SCALANCE M875-0 UMTS-ROUTER; PARA LA COMUNICACION IP INALAMBRICA DE PLC BASADOS EN ETHERNET VIA REDES MOVILES UMTS SOPORTE DE HSDPA Y HSUPA SECURITY FEAT.:IPSEC,FIREWALL PARA APLICACIONES MOV. CON HOMOLOGACION PARA TREN Y VEH. 1X ENTRADA DIG., 1X SALIDA DIG. RESPETAR HOMOLOG. POR PAISES!



### Velocidad de transf.

Tasa de transferencia	10 Mbit/s, 100 Mbit/s
Tasa de transferencia	
• con transferencia por GSM	9600 bit/s
• con transferencia GPRS / con Downlink / máxima	85,6 kbit/s
• con transferencia GPRS / con Uplink / máxima	42,8 kbit/s
• con transferencia eGPRS / con Downlink / máxima	236,8 kbit/s
• con transferencia eGPRS / con Uplink / máxima	118 kbit/s
• con transferencia UMTS / con Downlink / máxima	14,4 Mbit/s
• con transferencia UMTS / con Uplink / máxima	5,76 Mbit/s

### Interfaces

Número de conexiones eléctricas	
• para red interna	2
• para red externa	2

<ul style="list-style-type: none"> <li>• para alimentación</li> </ul>	1
Tipo de conexión eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• para red interna</li> <li>• para red externa</li> <li>• para alimentación</li> </ul>
	Puerto RJ45 (10/100 Mbits/s, TP, auto crossover) Entrada para antena SMA (50 Ohm) Regleta de bornes

Conexión WAN	
Tipo de servicio de radiotelefonía móvil / soportado	GSM, UMTS
Tipo de conductor de fibra óptica / soportado	GPRS, sGPRS, HSPA+
Frecuencia de empleo / con transferencia por GSM	850 MHz, 900 MHz, 1800 MHz, 1900 MHz
Frecuencia de empleo / con transferencia UMTS	800 MHz, 850 MHz, 900 MHz, 1900 MHz, 2100 MHz

Tensión de alimentación, consumo, pérdidas	
Tensión de alimentación	24 V
Tensión de alimentación	12 ... 30 V
Tipo de corriente / de la tensión de alimentación	DC
corriente consumida / máxima	450 mA
Potencia activa disipada	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• típico</li> </ul>	4 W

Condiciones ambientales admisibles	
Temperatura ambiente	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• durante el funcionamiento</li> <li>• durante el almacenamiento</li> </ul>	-40 ... +75 °C -40 ... +85 °C
humedad relativa del aire / con 25 °C / durante el funcionamiento / máxima	95 %
Grado de protección IP	IP20

Diseño, dimensiones y pesos	
Forma constructiva	Diseño compacto
Profundidad	114 mm
Altura	99 mm
Anchura	45 mm
Peso neto	280 g
Tipo de fijación	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Montaje en perfil DIN de 35 mm</li> <li>• montaje en perfil soporte S7-300</li> <li>• Montaje en perfil soporte S7-1500</li> <li>• montaje en pared</li> </ul>	Sí No No No

Características, funciones y componentes del producto / Generalidades	
Función del producto	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• cliente DynDNS</li> </ul>	Sí

Funciones del producto / Gestión, programación, configuración	
Función del producto	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• CLI</li> <li>• gestión basada en web</li> </ul>	No Sí

Funciones del producto / Diagnóstico	
Función del producto	
• Packet Size Statistics	No
• Packet Type Statistics	No
• Error Statistics	No
• SysLog	Sí
• Packet Filter Log	Sí
Funciones del producto / DHCP	
Función del producto	
• cliente DHCP	Sí
• servidor DHCP - red interna	Sí
Funciones del producto / Routing	
Función de router	
• NAT (IP Masquerading)	Sí
• Port Forwarding	Sí
• NAT-Traversal	Sí
• 1:1 NAT	Sí
• caché de DNS	Sí
Funciones del producto / Security	
Aptitud de uso / Virtual Privat Network	Sí
Función del producto	
• Protección por contraseña	Sí
• Packet Filter	Sí
• Broadcast/Multicast/Unicast Limiter	No
Función del producto	
• Broadcast Blocking	No
Número de conexiones posibles / con conexión VPN	10
Tipo de autenticación / con Virtual Privat Network / PSK	Sí
Protocolo / soportado	
• IPsec modo de túnel y de transporte	Sí
Longitud de clave	
• con IPsec DES / con Virtual Privat Network	56 bit
• 1 / con IPsec AES / con Virtual Privat Network	128 bit



### Anexo 15: Cálculo de duración de la batería

El presente análisis tiene como objetivo estimar la duración de la batería Lipo de 11000mAh.

Para ello, se realiza el siguiente procedimiento:

- Se obtienen los consumos de los principales componentes electrónicos y eléctricos del sistema

**Tabla A-1 : Cálculo de tiempo de duración de la batería**

Cantidad	Código	Descripción	Potencia (W)	Voltaje (V)	Corriente (mA)	Masa (g)
1	BIP2-D1000c	Cámara Ip	5.50	24	229.17	1000
1	CT-SF-15-C3	Controlador de Temperatura	2.40	24	100.00	420
1	1214C	CPU	12.00	24	500.00	415
2	1065	Driver	2.40	24	100.00	100
2	M50SA	Encoder	2.40	24	100.00	250
2	LDL2-33	Iluminación LEDS	0.80	24	33.33	50
1	SM1234	Modulo E/S	1.44	24	60.00	220
2	1.61.050.461	Motores	42.00	24	2200.00	1500
1	CP1243	Procesador de comunicaciones	1.25	5	250.00	122
1	M875	Router Industrial	4.00	24	167.67	280

- Se obtiene el consumo de carga eléctrica total:

$$\sum Corriente = 6173.5mA$$

- La batería LiPo tiene una capacidad de 11000mAh/h
- Con lo que se obtiene el tiempo de duración de batería:

$$\text{Tiempo de duración} = \frac{11000mAh}{6173.5mA}$$

$$\text{Tiempo de duración} = 1h 46min$$

- Se obtiene una duración de batería de 1h 46min a plena carga, es decir cuando el sistema se encuentra sensado, procesando la información y desplazándose.
- Además se realiza el cálculo en el que el sistema realice la inspección de las variables de manera estática.

$$\sum \text{Corriente} = 1573.5 mA$$

- La batería LiPo tiene una capacidad de 11000mAh
- Con lo que se obtiene el tiempo de duración de batería:

$$\text{Tiempo de duración} = \frac{11000mAh}{1573.5mA}$$

$$\text{Tiempo de duración} = 6h 59min$$

- Se obtiene una duración de batería de 7h aproximadamente si el sistema sólo realiza la inspección de condición y envío de datos al Servidor.
- Se concluye que el sistema móvil tiene un tiempo de duración en servicio de 2h hasta 7h.

#### Anexo 16: Cálculo de Torque mínimo

El presente análisis tiene como objetivo calcular el torque mínimo requerido, el cual tenga la capacidad de mover la masa del vehículo y de los componentes electrónicos.

Para ello, se realiza el siguiente procedimiento:

- Se obtienen los pesos de los elementos mecánicos:

**Tabla A-2 : Cálculo de pesos de elementos mecánicos**

Cantidad	Elemento	Volumen(mm <sup>3</sup> )	Densidad(g/cm <sup>3</sup> )	Peso(g)
4	Acoples de Llanta	2148.73	2.7	5.80
2	Acoples de motor	16190.47	2.7	43.71
1	Carcasa	718008.62	1.05	753.91
1	Estructura	431515.07	2.7	1165.09
1	Soporte Base	380692.39	2.7	1027.87
2	Soporte motor	35354.48	2.7	95.46
2	Soporte encoder	36143.54	2.7	97.59
1	Soporte Baterías	56622.83	2.7	152.88
1	Soporte Router	51304.07	2.7	138.52

- Peso Total de elementos mecánicos :3639.75g
- Peso Total de elementos electrónicos(Tabla ) : 6329.00g
- Peso de la batería : 1000.00g

- Peso Total del sistema móvil: 11258.75g

- Análisis Estático:

- El vehículo se modela como un cuerpo rígido, en el cual las fuerzas que actúan son el peso propio, las 4 normales y las 4 fuerzas de fricción en las ruedas.

- Condición de equilibrio en el eje vertical:

$$\sum Fy = 0$$

- Reemplazando:

$$N1 + N2 + N3 + N4 - Wtotal = 0$$

Donde:

N1: Normal en rueda1

N2: Normal en rueda2

N3: Normal en rueda3

N4: Normal en rueda4

Wtotal: Peso total del sistema

- Además:

$$N1 = N2 = N3 = N4$$

- Se obtiene:

$$N1 = N2 = N3 = N4 = 27.587 \text{ N}$$

- Se calcula la fuerza de fricción ( $\mu_{estático} = 0.9$ , ver Anexo 27)

$$F_{fricción} = \mu_{estático} \times \text{Fuerza Normal}$$

$$F_{fricción} = 0.9 \times 27.587 \text{ N}$$

$$F_{fricción} = 24.828 \text{ N}$$

- Análisis Dinámico:

- Para que el sistema acelere se debe cumplir en el eje del motor:

$$\sum \text{Torques} = I \times \alpha$$

Donde:

$I$ : Inercia de la masa reflejada hacia el eje del motor

$\alpha$ : Aceleración angular en el eje del motor

- Los únicos Torques que intervienen son el Torque generado por el motor y el Torque resistente de la carga, el cual corresponde al torque generado por la fricción.

$$T_{motor} - T_{fricción} = I \times \alpha$$

$$T_{fricción} = F_{fricción} \times \text{radio de rueda}$$

$$T_{fricción} = 24.828 \times 7.62 \text{ cm}$$

$$T_{fricción} = 189.169 \text{ N x cm}$$

- El torque acelerante está definido por:

$$T_{acelerante} = T_{motor} - T_{fricción}$$

- Finalmente, para que el motor acelere se debe cumplir:

$$T_{acelerante} > 0$$

- Lo cual implica, que el torque mínimo por un motor trasero debe ser:

$$T_{motor} \geq 189.169 \text{ N x cm}$$

#### **Anexo 17: Cálculo de velocidad angular mínima de operación**

El presente análisis tiene como objetivo obtener velocidad angular mínima de operación del sistema móvil

Para ello, se realiza el siguiente procedimiento:

- Se requiere abarcar distancias mayores a 1km
- El radio de la rueda del vehículo es de 3 pulgadas o 0.0762m

- La duración de la batería es de 1.78h
- De los datos se obtiene la velocidad lineal mínima:

$$v = \frac{\textit{distancia}}{\textit{tiempo}}$$

$$v = \frac{1000m}{1.78h}$$

$$v = 0.156 \frac{m}{s}$$

- La relación de velocidad lineal y velocidad angular es:

$$v = w \times R$$

Donde:

- V : velocidad lineal en mm/s
- W: velocidad angular en rad/s
- R: radio de la rueda

$$w = \frac{0.156}{0.0762}$$

$$w = 2.048 \frac{rad}{s} \text{ o } 19.557 \text{ RPM}$$

- Se concluye que la velocidad mínima angular es de 19.557RPM

### Anexo 18 Selección del motor

- Con los dos Anexos 17 y 18 se concluyen que las condiciones mínimas de operación son: una velocidad angular de 19.557 RPM y un torque de 189.169 N x cm.
- Con ambos datos se calcula la potencia mínima requerida

$$P = \text{Torque} \times \text{Wangular}$$

$$P = \left( 189.169 \text{ N.cm} \times \frac{1\text{m}}{100\text{cm}} \right) \times \left( 2.048 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)$$

$$P = 3.878 \text{ W}$$

- Se concluye que se requiere un motor con potencia mínima de 3.878W
- Debido a que se requiere un alto torque se selecciona el motor con las siguientes características:

Propiedades del Gear Motor	
Tipo de Motor	Motor DC
Potencia de Salida	30 W
Máxima velocidad	139 RPM
Torque Promedio	
Voltaje	24 VDC
Corriente	2.2 A
Peso	1.5 kg

### Anexo 19 Condiciones de operación

- Con el motor seleccionado a continuación se calculará las condiciones de operación del vehículo
- Con la relación de velocidad lineal y angular

$$v = w \times R$$

Donde:

W= velocidad angular del eje del motor, para este caso 139 RPM

R= radio del eje de la rueda, debido a que se acopla directamente el eje de motor al eje de la rueda por medio del acople de motor.

$$v = \left( \frac{139 \times 2 \times \pi}{60} \right) \times 0.0762$$

$$v = 1.109 \text{ m/s}$$

- Tomando como referencia el
- , una batería durará 1.78h, con la finalidad de ampliar el rango de desplazamiento, en el sistema se utilizaran dos baterías por lo que el tiempo de duración será de 3.56 h
- Con la relación:

$$\text{distancia recorrida} = \text{velocidad} \times \text{tiempo}$$

$$\text{distancia recorrida} = \left( 1.109 \frac{\text{m}}{\text{s}} \right) \times \left( 3.56 \text{h} \times \frac{3600 \text{s}}{1 \text{h}} \right)$$

$$\text{distancia recorrida} = 14212.944 \text{m o } 14.212 \text{ km}$$

- Además, el sistema al contar con 2 baterías tendrá una capacidad de 22000mAh, y como el sistema consume 1573.5mAh para realizar la inspección y monitoreo podrá funcionar hasta 13.98h.

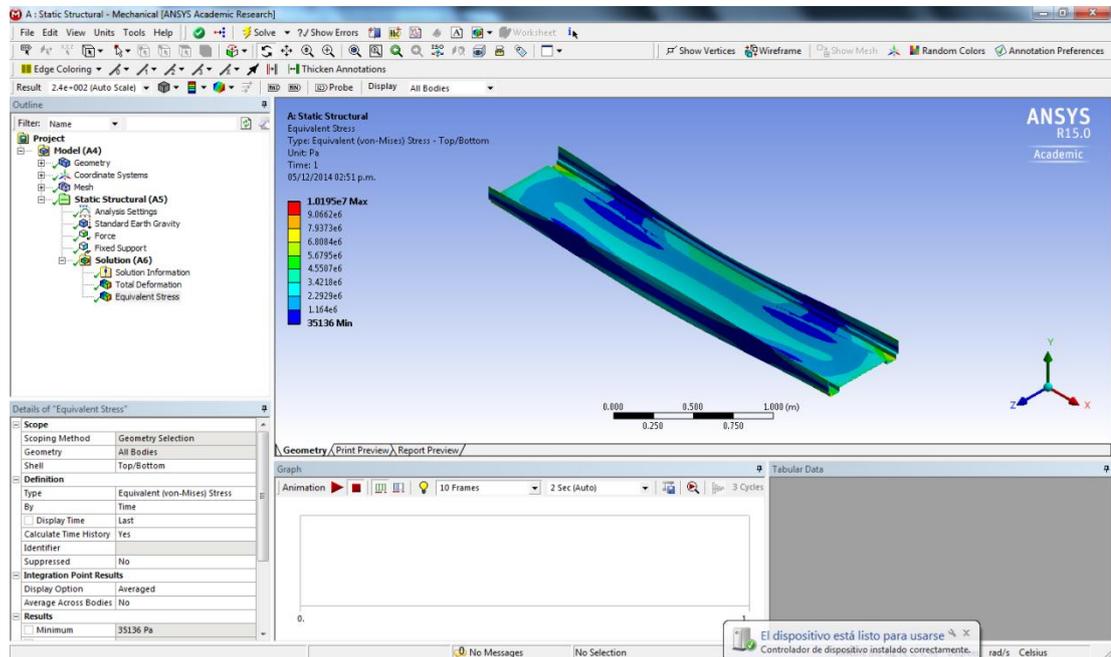
- En conclusión, las condiciones de operación del sistema móvil son:
  - ✓ Tiempo de funcionamiento: desde 1h 46 min, condiciones de pleno desplazamiento del sistema hasta 13h 58min en condiciones de plena inspección y monitoreo de condición de faja.
  - ✓ El sistema puede recorrer hasta 14.212 km.



### **Anexo 20 Simulaciones del Riel**

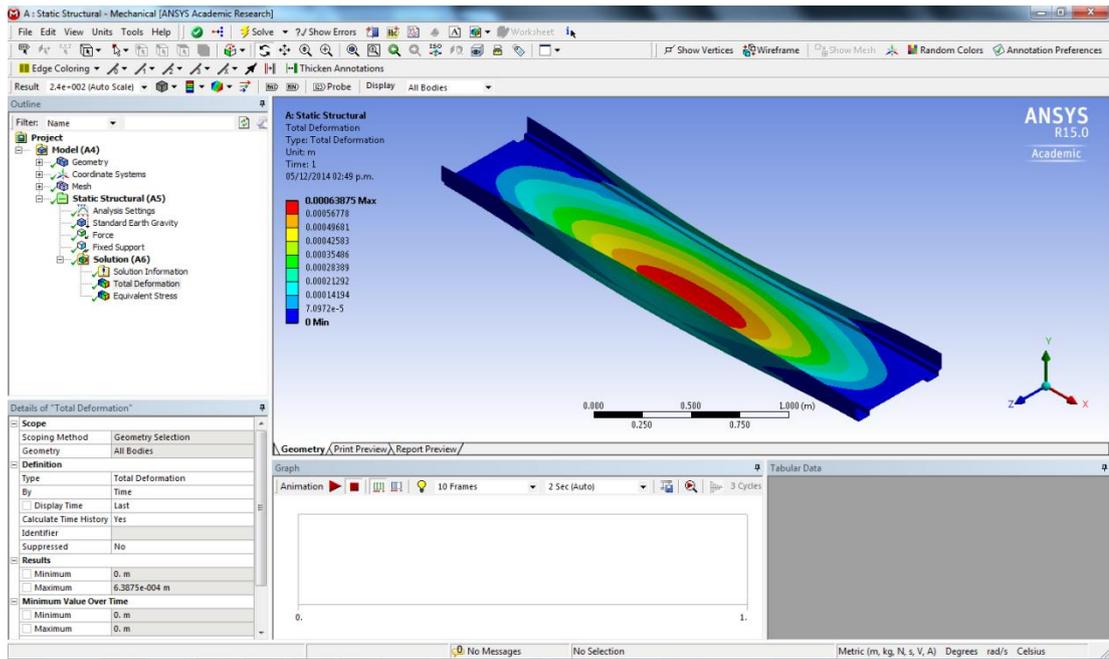
Para la simulación, se consideró un riel de 3 metros de longitud, ya que por lo general esta es la distancia entre dos soportes verticales de la estructura de un faja

transportadora de 24 pulgadas. Además, se consideró como carga su propio peso del sistema de 10 kg, ubicada en la parte central del riel.



**Fig. A-1 Simulación de Esfuerzo Equivalente Von Mises - Vista isométrica del Riel**

Como se observa en la Fig. A-1, como resultado se obtiene que el esfuerzo equivalente de Von Mises del Riel es de 26.79 MPa, además considerando que el Acero tiene un esfuerzo límite de 250 MPa. Se garantiza que el riel se encuentra operando bajo un régimen seguro con un factor de seguridad de 9.33.



**Fig. A-2 Simulación de Deformación Total - Vista isométrica del Riel**

Como se observa en la Fig. A-2 , se obtuvo al aplicar los esfuerzos de peso propio del sistema, se obtuvo una deformación del 0.638 mm, lo cual se considera aceptable para esta aplicación.

## Anexo 21 Selección de encoder

El objeto del presente análisis es seleccionar un encoder, el cual tenga la capacidad de sensar el desplazamiento lineal del sistema de 1cm.

Para ese análisis, se realiza el siguiente procedimiento:

- El desplazamiento lineal del vehículo es 1cm
- Con la relación:

$$\text{Longitud recorrida} = \theta \times \text{radio}$$

Donde:

Longitud recorrida: longitud de desplazamiento lineal

$\theta$  : ángulo de giro en rad

radio: radio de la rueda

- Se obtiene el ángulo de giro en rad

$$\theta = \frac{L}{R}$$

$$\theta = \frac{1\text{cm}}{7.62\text{cm}}$$

$$\theta = 0.131 \text{ rad}$$

- Conversión del ángulo a grado sexagesimales

$$\theta = 0.131 \text{ rad} \times \frac{360}{2 \times \pi}$$

$$\theta = 7.506^\circ$$

- La definición de resolución del encoder es

$$\text{Resolución} = \frac{360}{N}$$

Donde:

N: Número de pulsos por revolución

$$N = 47.962 \text{ pulsos por revolución}$$

- Para esta aplicación, se deberá seleccionar como mínimo un encoder de 48PPR(Pulsos por Revolución).
- Finalmente, a fin de evitar ruidos generados por la vibración del vehículo, se selecciona un encoder 5000PPR M50SA.

### **Anexo 22 Cálculo del número de impulsos equivalentes a 1 cm**

El presente análisis tiene como objetivo obtener el número de impulsos, que serán percibidos por las entradas HSC (High Speed Counting) del CPU, equivalentes a 1cm de desplazamiento lineal del vehículo.

- Del Anexo 22, se obtuvo que el ángulo de giro de la rueda para avanzar 1 cm es de  $7.506^\circ$
- De la relación:

$$5000PPR \text{ --- } 360$$

$$x \text{ --- } 7.506^\circ$$

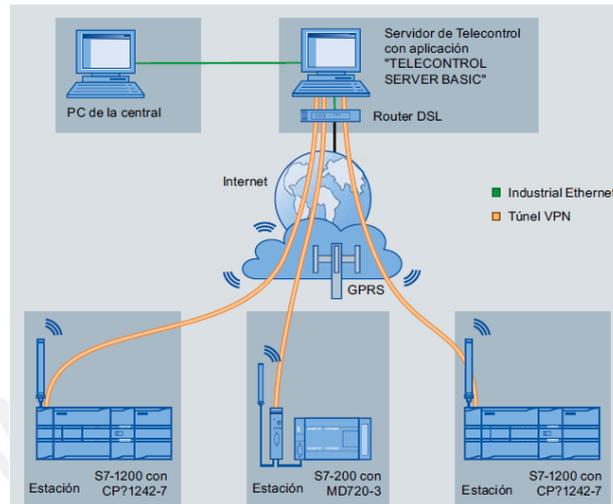
- Se obtiene:

$$x = 104.25$$

- En conclusión, para que el sistema se desplace 1cm, el CPU se deberá registrar una entrada de 105 impulsos aproximadamente.

## Anexo 23 Arquitecturas de Comunicaciones

- A continuación se detalla la Arquitectura de Comunicaciones el CPU mediante GPRS



**Fig. A-3 Telecontrol a través de una central**

**Fuente: Siemens**

En el caso de las aplicaciones de Telecontrol, las estaciones SIMATIC S7-1200 con CP 1242-7 se comunican con una central a través de la red GSM y de Internet. El servidor de Telecontrol de la central tiene instalada la aplicación "TELECONTROL SERVER BASIC" (TCSB). De esto resultan los siguientes casos de aplicación:

- Comunicación de Telecontrol entre estación y central

En esta aplicación los datos se envían desde el campo de las estaciones al servidor de Telecontrol de la central a través de la red GSM y de Internet. El servidor de Telecontrol sirve para supervisar las estaciones remotas.

- Comunicación entre una estación y una central supervisora con cliente OPC

Como en el primer caso, las estaciones se comunican con el servidor de Telecontrol. Con ayuda del servidor OPC integrado, el servidor de Telecontrol intercambia datos con El cliente OPC de la central supervisora.

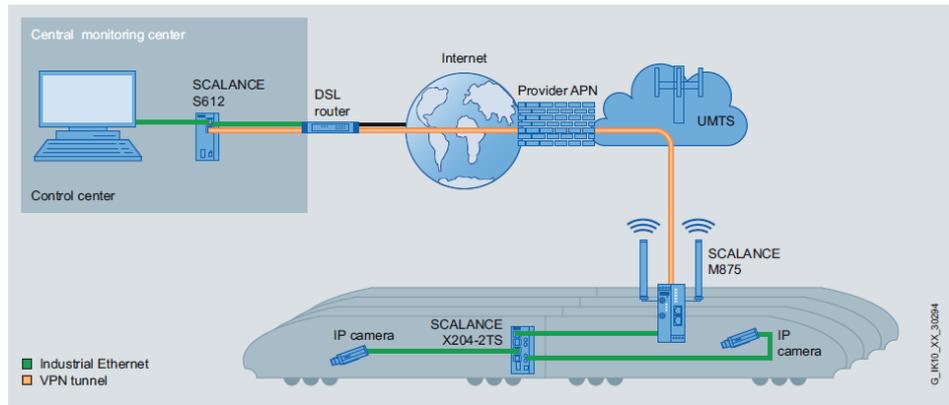
- El cliente OPC y el servidor de Telecontrol pueden estar instalados en el mismo PC, p.ej. si TCSB se instala en el PC de un puesto de control con WinCC.

- Comunicación cruzada entre estaciones a través de una central

Es posible la comunicación cruzada con estaciones S7 que también están equipadas con un CP 1242-7. Para la comunicación cruzada entre estaciones, el

servidor de Telecontrol transmite los telegramas de la estación emisora a la estación receptora. (Fuente: Siemens).

- A continuación se detalla la Arquitectura de Comunicaciones de la cámara IP, el cual ha sido recopilado del Catálogo Siemens Industrial Communications



**Fig. A-4 Video monitoring. Fuente: Siemens**

The UMTS router SCALANCE M875, with its high downlink and uplink data rates, supports numerous data services with large bandwidth requirements via mobile wireless to and from vehicles. To increase the connection quality during motion, SCALANCE M875 is equipped with antenna diversity. Alternatively, sensitive data can be transmitted in a secure VPN tunnel. Video transmission in real-time from the passenger cell is used to increase passenger safety (video surveillance). The video data from all vehicles is sent to a control center for monitoring and further processing. In addition, applications such as data interfacing for ticket machines, infotainment services and Internet on Board, or proactive monitoring of vehicle engineering (telemetry) are also possible.

## Anexo 24 Coeficientes de fricción

Tabla A-2 Coeficientes de Fricción

	Coeficiente Estático	Coeficiente Cinético
Madera sobre madera	0.7	0.4
Acero sobre acero	0.15	0.09
Metal sobre cuero	0.6	0.5
Madera sobre cuero	0.5	0.4
Caucho sobre concreto, seco	0.9	0.7
Caucho sobre concreto, húmedo	0.7	0.57

Para el cálculo se asume el caso crítico de caucho sobre concreto seco coeficiente estático de 0.9.

## Anexo 25 Proformas

Toll Free 1.866.636.2487

ITEMS IN CART: 0 TOTAL: \$0.00  VIEW CART:

**NEOBITS**



[HOME](#) [MANUFACTURER INDEX](#) [REQUEST QUOTE](#) [SUPPORT](#) [RETURNS](#) [MY ACCOUNT](#) [FEEDBACK](#) [ABOUT US](#)

**Steel Cord  
Conveyor  
Belts**

[kailirubber.com](http://kailirubber.com)

Supply steel cord  
conveyor belts.

Direct  
manufacturer.High

**BASLER - 105662 - BASLER BIP2-D1000C-DN (CCD)**



**Basler - 105662 - Basler BIP2-D1000c-dn (CCD)**

  Like  [Follow @neobitsinc](#)

**Stock Status:** **Currently Not In Stock**

**Our Price:** \$731.95

**Lists At:** ~~\$899.00~~

**You Save:** \$167.05

This product appears to have been discontinued, however, other similar products may be available. Our product specialists would be happy to research this for you and provide recommendations.  
Email me suggestions!

Search **Products** **Brands**   

[Home](#)

## Shopping Cart

[Email Cart](#) 

Part Number	Description	Price	Quantity	Subtotal	Actions
CT-SF15-C3	 <b>Micro-Epsilon CT Series Infrared Thermometer</b> Precise non-contact temperature measurement from -50 to 975°C for general purpose applications  <b>Availability</b> Usually ships in 2-3 weeks  <a href="#">Show Configuration</a>	\$495.00	<input type="text" value="1"/>	\$495.00	<a href="#">Remove</a> <a href="#">Reconfigure</a> <a href="#">See Accessories</a>

**NEX Instrument Inc** Online Automation Superstore

Home About Us Best Buy Contact Us MyAccount

Shopping Bag: 0 item(s) in bag/Total:USD0CheckoutClear Cart

Home > Programmable Logic Controllers > SIEMENS > SIMATIC S7-1200 > CPU

**Siemens CPU 1214C: 6ES7214-1AE31-0XB0**  
 Item Id: 6ES7214-1AE31-0XB0



[Email a friend](#) [Review this item](#)

**Price**  
 Retail Price: USD382.00  
 Your Savings: USD50.00  
**Your Price: USD332.00**

**Availability:** 6-8 weeks

**BEST SELLERS**

- Hakko Monitouch: V606EC20
- SIMATIC OPERATOR PANEL: 6AV6641-0AA11-0AX0
- Honeywell Burner Control: RM7840L1018
- CPU 224: 6ES7214-1BD23-0XB0
- Satronic Control Box: MMI 962.1 Mod. 23
- Mitsubishi PLC, Base unit: FX1S-14MR-ES/UL
- CPU 1212C: 6ES7212-1HD30-0XB0
- Cylinder: 349-180-009

Display all prices in:

**3271\_1 - 24V/20.3Kg-cm/139RPM 18:1 DC Gear Motor**

Quantity	Price
1	\$66.00
5	\$63.40
10	\$61.40
25	\$59.40
100	\$57.45

**In Stock**

Qty: 87

[Add](#)



**RoHS**  
compliant

Google Site Search

[Fast Add](#)

[SBC](#)

[I/O Boards](#)

[Sensors](#)  
[Distance](#)  
[Encoders](#)



### Product Features

This DC motor has a 18:1 gearbox, a rated speed of 139 RPM and rated torque of 20.4 Kg-cm.



Display all prices in: USD

Google Site Search  
Search

Fast Add

SBC

I/O Boards

- Sensors
- Distance
- Encoders
- FSR
- Gas Pressure
- Light/Sound
- Load Cells
- Motion
- pH/ORP
- Potentiometers
- Proximity

1065\_0 - PhidgetMotorControl 1-Motor



Quantity	Price
1	\$80.00
5	\$76.00
10	\$74.40
25	\$72.00
50	\$68.00

In Stock  
Qty: 96  
Add



Product Features

Control one motor as well as an encoder and up to 2 analog and 2 digital sensors. Connects to a USB port.

Estimado: Ing. Esteban

Presente:

De acuerdo a vuestra solicitud le presentamos la siguiente cotización de Nuestros suministros.

Ítem	Cant.	Descripción	P. U. Lista	Dcto. 10%	P. U. Neto	Sub. total
01	01	<p><b>Encoder incremental M50SA 5000PPR</b></p> <p>Codigo: M50SA-8-5000-3-C-8-G                      Marca: MAXWELL                      Alimentacion: 8-30VDC                      Diametro Externo: 50mm                      Tipo de Eje: Solido, Sobresaliente                      Diametro Eje: 8                      Pulso x Revolucion: 5000 PPR                      Salida: complementaria (PNP, NPN)                      salida de fases: A, B, Z                      Conexion: Lateral, cable incorporado 2m                      Proteccion: IP50</p> 	850.00	85.00	765.00	765.00



[ Log On ]

Today's Deals | Condition Codes | Join Radwell | Services | About Us | Our Videos

Part Search Search by Part # Find Advanced Search My Account Cart (0)

Radwell has opened a facility in Indiana  
We are looking to hire:  
**ASM/Driver Sales Support**  
Click here to contact us

Radwell has opened a facility in Indiana  
We are looking to hire:  
**ASM/Driver Sales Support**  
Click here to contact us

FIELD ENGINEERING,  
REPAIR & CALIBRATION  
CLICK HERE

Home > Lighting > Lighting Fixture > CUSTOM CONTROL SENSORS > LDL2-33X8RD



LDL2-33X8RD

Manufactured by CUSTOM CONTROL SENSORS

BAR LIGHT UNIT RED LED

Weight: 3 lbs

Estimated Retail Price - \$73.50

Save as much as 40 %, see below

Last Retail Price Update: 4/22/2013

Have you seen this for less?

If you need a specific firmware or series relating to LDL2-33X8RD, we probably have it. Please call or email us with your request.

Talk with a specialist



Order toll free: 800.884.5500  
Order international: +1 609.288.9393  
Are you in EU? Call: +44 1782 576800

Option 1: Brand New FNFP - Factory New Factory Package / Factory Warranty

Condition	Qty. In Stock	Lead Time	Qty. Ordered	Our Price	Qty:
<p><b>FNFP</b></p> <p>Factory New Factory Package (Factory Warranty)</p>	<p>Factory Stock Available</p>	<p>Standard Original MFG Delivery 1-4 Weeks</p>	-	Est. \$73.50	<p>1</p> <p>Add to cart</p>

Home > All Categories > Electrical Equipment & Supplies > Other Electrical Equipment



Store No : 102034

10% OFF

**SIMATIC S7-1200 ANALOG I/O SM 1234, 4AI/2AO (6ES7234-4HE30-0XB0)**

★★★★★ **100.0%** of buyers enjoyed this product! (2 votes) | **3** orders

Price: US \$200.95 / piece

Discount Price: **US \$261.86** / piece 3 days left

---

Shipping: **US \$107.80** to Peru via DHL Estimated Delivery Time: 4-8 days (ships out within 10 business days)

Quantity:  piece (997 pieces available)

Total Price: **US \$369.66**

Buy Now
Add to Cart

♥ Add to Wish List (0 Adds)

Home Company Products Brands Contacts Work with us Press Media

## Do you need automation?

BSA Technology realizza sistemi di automazione per impianti produttivi e di confezionamento

Distribuzione specializzata dei componenti per l'automazione

BRAND <
SIEMENS
OMRON
PHOENIX CONTACT
Danfoss
Rockwell Automation
FESTO

**Products**

- ABB Sace
- B & R
- Cognex
- Danfoss
- DKC Europe
- Festo
- Gefran
- Italweber
- Leuze
- Moeller Eaton
- New Elfin
- Omron
- Panduit

**Your basket** Products: 1

Empty basket Checkout

Product	Delete	Unit price	Quantity	Total price
Siemens Communicatio Processor CP 1242-7 <small>(Code: SIE 6GK7242-7KX30-0XE0)</small>	✕	426,69 €	<input type="text" value="1"/> <small>ok</small>	426,69 €
<b>Total order, without shipping cost</b>				<b>426,69 €</b>

Checkout

Part Search

Find
Advanced Search
My Account
Cart (0)

**Radwell** 12/2/14 CHECK AMOUNT \$1,000

Medford Sunrise Rotary

Radwell has opened a facility in Indiana

We are looking to hire:

Repair Technicians

Click here to contact us

FIELD ENGINEERING, REPAIR & CALIBRATION

CLICK HERE

Home > Uncategorized > Uncategorized > SIEMENS > 6GK58750AA101AA2



representative photo  
click to zoom

6GK58750AA101AA2

**Manufactured by SIEMENS**

SCALANCE M875-0 UMTS-ROUTER

Weight: 0.67 lbs

Estimated Retail Price - \$1,313.00

Save as much as 42 %, see below

Last Retail Price Update: 10/8/2014

[Have you seen this for less?](#)

If you need a specific firm ware or series relating to 6GK58750AA101AA2, we probably have it. Please call or email us with your request.



Talk with a specialist

Order toll free: 800.884.5500  
 Order international: +1 609.288.9393  
 Are you in EU? Call: +44 1782 576800

**Option 1: Brand New FNFP - Factory New Factory Package / Factory Warranty**

Condition	Qty. In Stock	Lead Time	Qty. Ordered	Our Price	
<b>FNFP</b> Factory New Factory Package (Factory Warranty)	Factory Stock Available	Standard Original MFG Delivery 1-4 Weeks	1-4	\$1,313.00	Qty: <input type="text" value="1"/> <span style="background-color: orange; color: white; padding: 2px 5px; font-weight: bold;">Add to cart</span>
			5-9	\$1,299.87	
			10-19	\$1,280.18	
			20-29	\$1,247.35	
			30-49	\$1,221.09	
			50+	\$1,194.83	
				You Save: \$118.17	



**INSTRUMENTACION PARA CONTROLES S.R.L.**

**VENTA-SERVICIOS-CALIBRACION DE CONTROLES INDUSTRIALES  
MONTAJES DE PLANTAS AUTOMATICAS**

Jr. Lasteria La Riva de Uloza 635 Breña - Telefax: 331-4681 Cel: 998869033  
icontrols@gmail.com

Lima, 21 de Noviembre del 2014

At. Sr. Esteban Chiu Castro

Presupuesto N° 0204

Según los planos recibidos, emitimos nuestra oferta:

04 Acoples de llanta.

Material: Aluminio 6061.

Precio unitario: 80 nuevos soles

Precio : 320 nuevos soles

02 Acoples de motor.

Material: Aluminio 6061.

Precio unitario: 80 nuevos soles

Precio : 160 nuevos soles

01 Estructura.

Sección de los perfiles: 1 pulgada x 1 pulgada x 1/8 de pulgada

Material: Aluminio 6061.

Precio unitario: 340 nuevos soles

Precio : 340 nuevos soles

01 Soporte base.

Material: Aluminio 6061.

Precio unitario: 100 nuevos soles

Precio : 100 nuevos soles

02 Soporte motor.

Material: Aluminio 6061.

Precio unitario: 50 nuevos soles

Precio : 100 nuevos soles

**ABB Soudronic SMAG HONEYWELL TAYLOR**  
**Westinghouse GE SIEMENS Telemecanique Müller**



**INSTRUMENTACION PARA CONTROLES S.R.L.**

**VENTA-SERVICIOS-CALIBRACION DE CONTROLES INDUSTRIALES  
MONTAJES DE PLANTAS AUTOMATICAS**

Jr. Luchania La Riva de Llorea 636 Breña - Telefax: 331-4681 Cel: 998969013  
02 Soporte encoder. [icontrols@gmail.com](mailto:icontrols@gmail.com)

Material: Aluminio 6061.

Precio unitario: 80 nuevos soles

Precio : 160 nuevos soles

01 Soporte baterias.

Material: Aluminio 6061.

Precio unitario: 40 nuevos soles

Precio : 40 nuevos soles

01 Soporte router.

Material: Aluminio 6061.

Precio unitario: 45 nuevos soles

Precio : 45 nuevos soles

01 Carcasa

Material: Abs

Precio unitario: 2300 nuevos soles

Precio : 2300 nuevos soles

Total: 3565 nuevos soles

En la presente oferta se incluye el material.

Precios con IGV incluido.

Condiciones Comerciales:

Forma de pago : O/S vía e-mail.

Cancelación : Contra - entrega

Entrega : 02 semanas

Ing. Alfredo Macher  
Gerente de Ventas

**ABB Soudronic SMAG HONEYWELL TAYLOR**  
**Westinghouse GE SIEMENS Telemecanique Müller**

 SOLICITUD DE COMPRA

PRODUCTO	CANTIDAD	SUBTOTAL	
 <p>CENTELSA <b>Cable THW 14AWG Rojo x rollo</b> Vendido y despachado por  PROMART SKU: 48565</p>	1	S/ 95.90	X Quitar
		S/ 81.52	Con Tarjeta chl
		<b>ON</b>	
 <p>CENTELSA <b>Cable THW 14AWG Negro x rollo</b> Vendido y despachado por  PROMART SKU: 48567</p>	1	S/ 85.90	X Quitar
		S/ 73.02	Con Tarjeta chl
		<b>ON</b>	
 <p>GACIA <b>Interruptor termomagnético Gacia 2x10A</b> Vendido y despachado por  PROMART SKU: 60725</p>	1	S/ 19.90	X Quitar
 <p>POWER FORCE <b>Cintillo 3000x2.6mm Negro x100 unidades</b> Vendido y despachado por  PROMART SKU: 6630</p>	1	S/ 9.90	X Quitar
 <p>TKL <b>Terminal Aislado U 16/14AWG Azul 1.9mm x25 unidades</b> Vendido y despachado por  PROMART SKU: 62374</p>	1	S/ 4.90	X Quitar
 <p>AMERTAC <b>Cable RJ45</b> Vendido y despachado por  PROMART SKU: 61862</p>	1	S/ 16.90	X Quitar

sin IVA cubierto de descuento

SUBTOTAL S/ 233.40

TOTAL S/ 233.40

**ON** S/ 206.13  
Pagando con Tarjeta chl

**CONTINUAR** →

Seguir Comprando

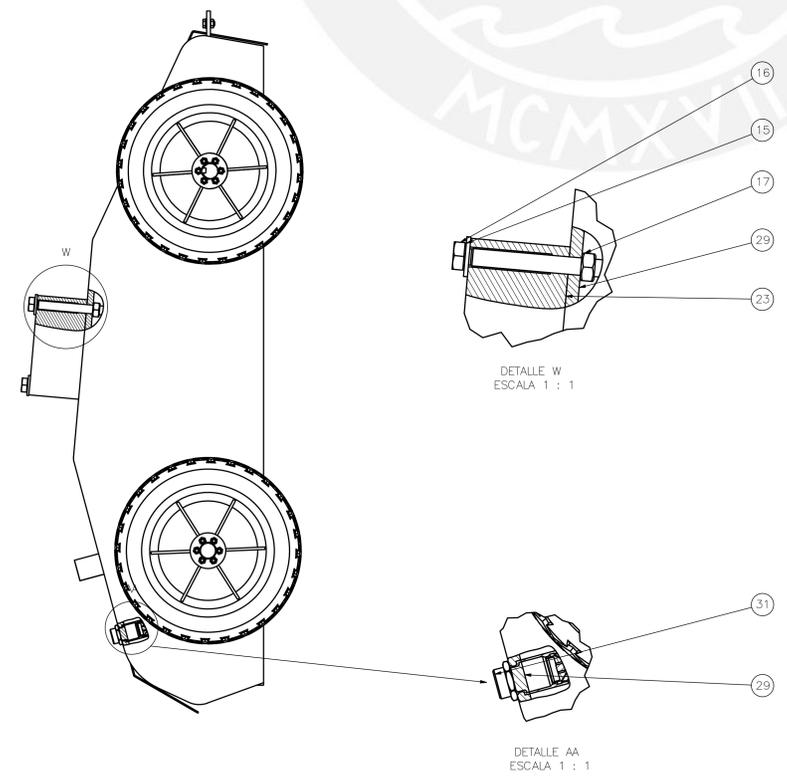
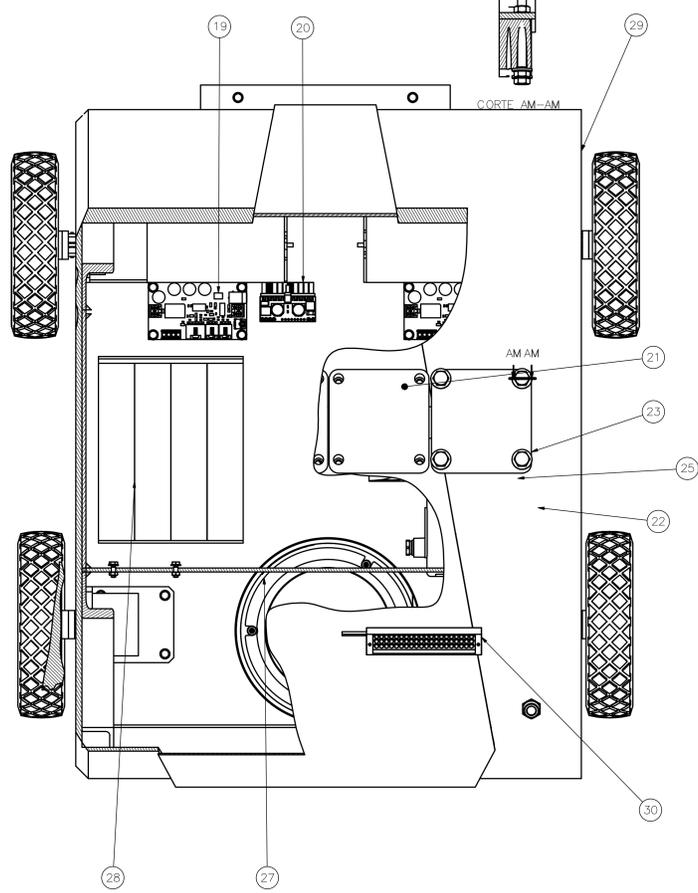
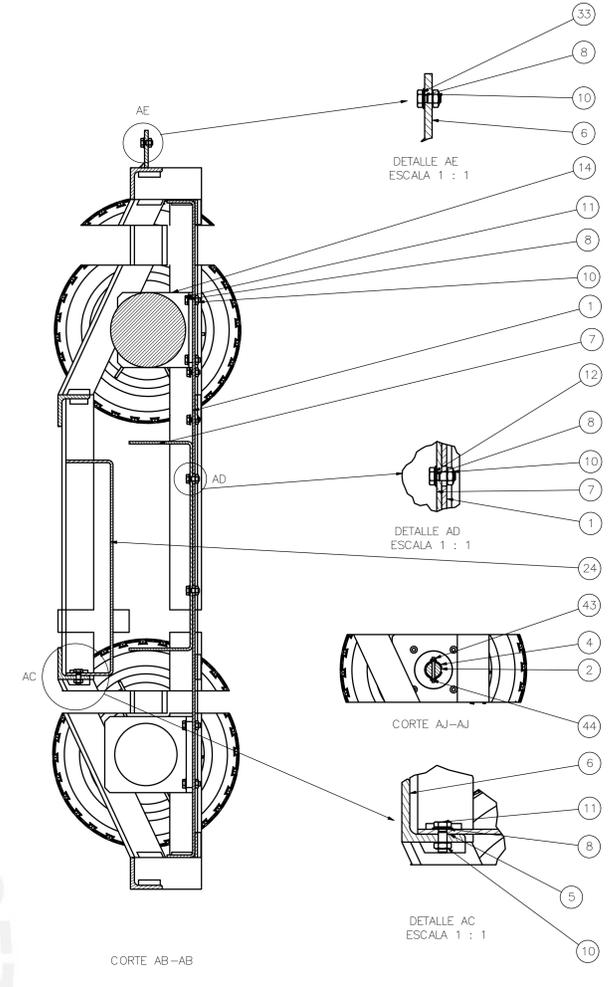
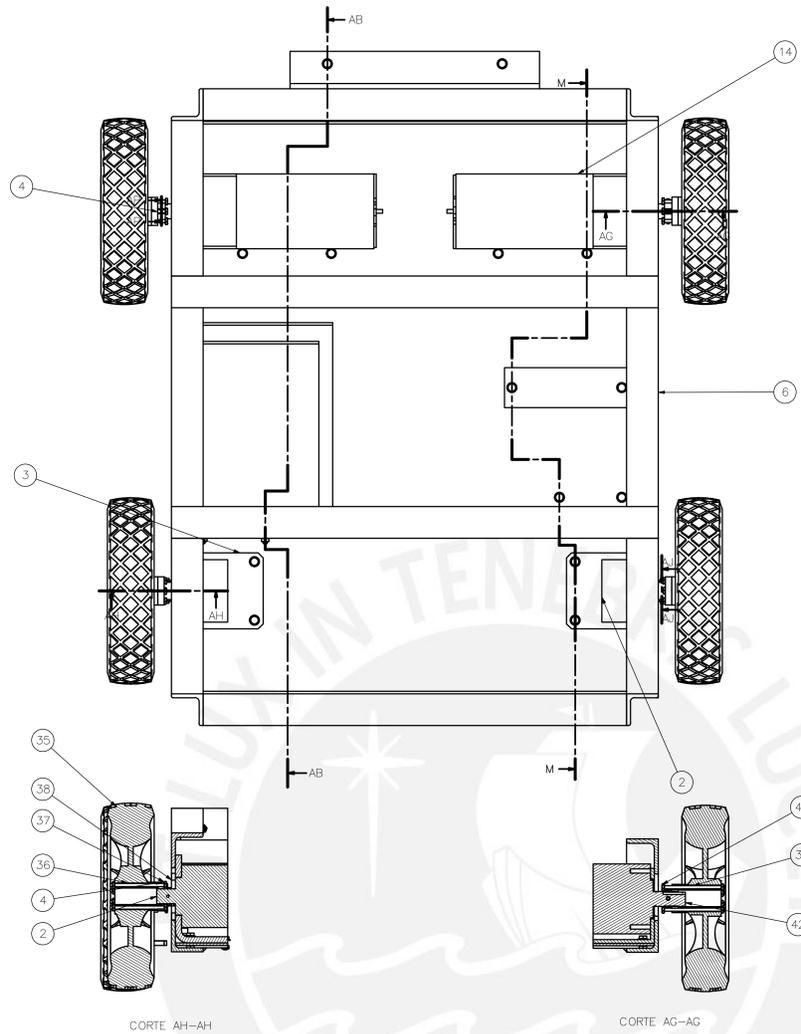
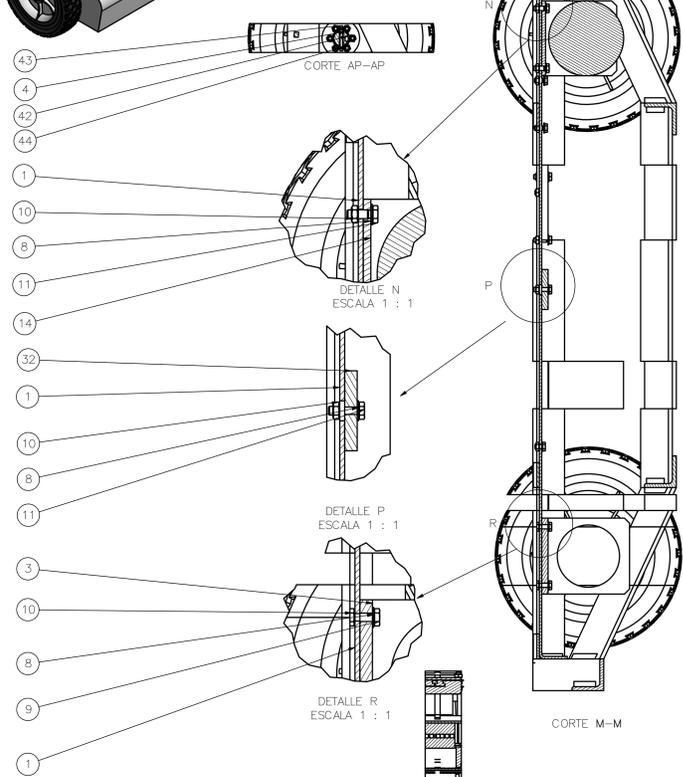
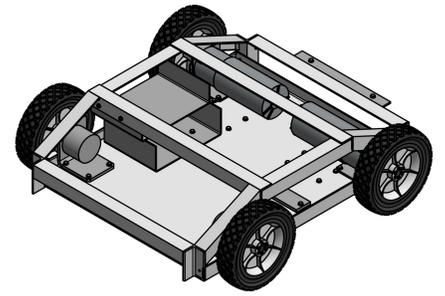
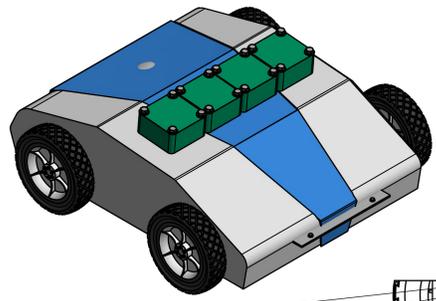


## **Anexo 26 Planos de despiece y ensamble**

A continuación, se presenta el listado de planos de despiece y ensamble del presente documento

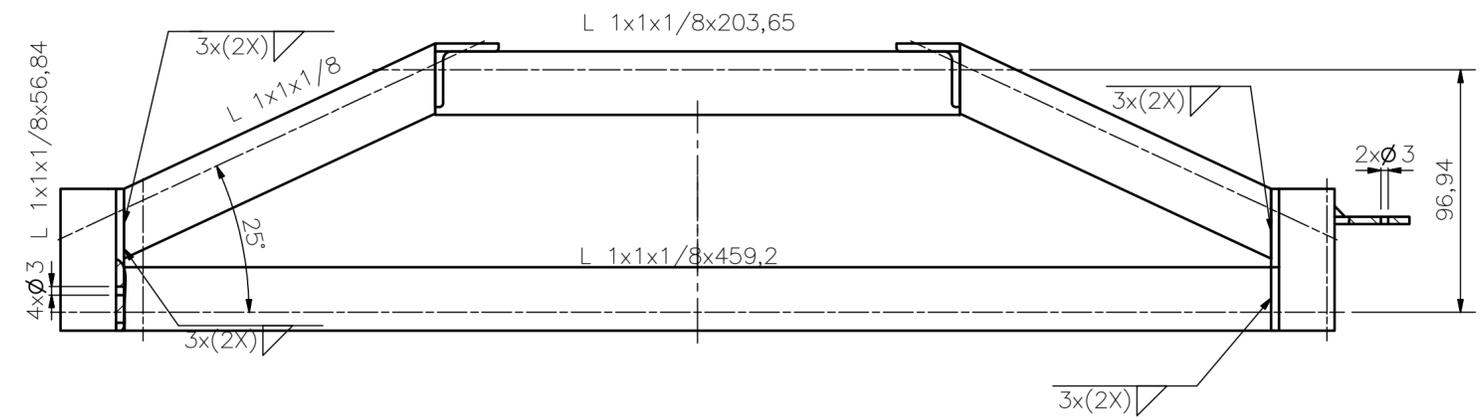
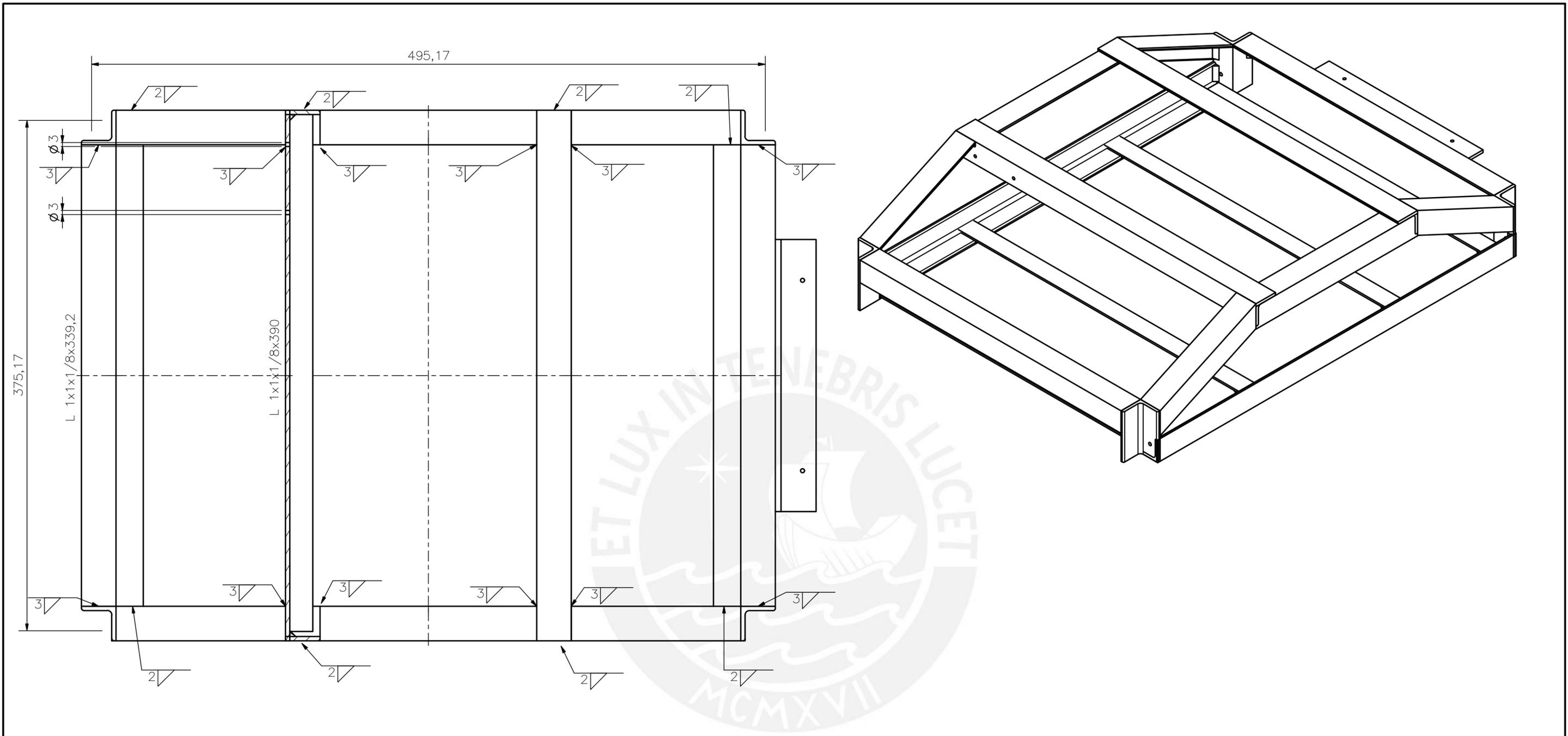
<b>Pág.</b>	<b>Tipo</b>	<b>Descripción</b>
1	Ensamble	Plano de ensamble del sistema mecatrónico
2	Despiece	Plano de Estructura
3	Despiece	Plano de Soporte Base
4	Despiece	Plano de Soporte L
5	Despiece	Plano de Bocina Llanta
6	Despiece	Plano de Soporte Baterías
7	Despiece	Plano de Soporte Router





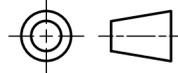
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	STANDARD	MATERIAL	COMENTARIOS
44	2	Tuerca M2	DN 934	Acero	
43	1	Espárrago M2 x 20	DN 976	Acero	
42	2	Motor DC		Genérica	
41	1	Chaveta		Genérica	
39	1	Espárrago M2.5 x 50	DN 976	Acero	
38	4	Tornillo M3.15	AS1420	Acero	
37	2	Tuerca M 2.5	DN 934	Acero	
36	1	Espárrago M2.5 x 45	DN 976	Acero	
35	4	Llanta		Genérica	
33	2	Tornillo hexagonal M3.5 x 7	DN 933	Acero	
32	1	Riel DIN		Genérica	
31	2	Sensor de temperatura		Genérica	
30	2	Luminaria		Genérica	
29	1	Carcasa		ABS	
28	1	Batería		Genérica	
27	1	Cámara IP		Genérica	
25	1	Módulo de entradas analógicas		Genérica	SM1234
24	1	Router industrial		Genérica	
23	4	Sensor inductivo analógico		Genérica	
22	1	Controlador-sensor temperatura		Genérica	
21	1	Controlador		Genérica	GPU_ST-1200
20	1	CONVERTIDOR DC/DC		Genérica	
19	2	Driver motor		Genérica	
17	10	Tuerca M7	DN 934	Acero	
16	16	Tornillo Hexagonal M7 x 60	DN 933	Acero	
15	16	Arandela M8.4	DN 125	Acero	
14	1	Soporte L motor		Aluminio 6061	Ver plano Soporte L
13	2	Tornillo hexagonal-M3.5 x 6	DN 933	Acero	
12	12	Tornillo hexagonal -M3.5 x 8	DN 933	Acero	
11	10	Tornillo hexagonal -M3.5 x 10	DN 933	Acero	
10	36	Tuerca M3.5	DN 934	Acero	
9	10	Arandela M3.7	DN 933	Acero	
8	36	Arandela M3.7	DN 125	Acero	
7	1	Soporte Baterías		Aluminio 6061	Ver plano Soporte baterías
6	1	Estructura		Aluminio 6061	Ver plano Estructura
5	1	Soporte Router		Aluminio 6061	Ver plano Soporte Router
4	4	Bocina llanta		Aluminio 6061	Ver plano Bocina llanta
3	2	Soporte L Encoder		Aluminio 6061	Ver plano Soporte L
2	2	Encoder		Aluminio 6061	
1	1	Soporte base		Aluminio 6061	Ver plano Soporte Base
ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	STANDARD	MATERIAL	COMENTARIOS
LISTA DE PARTES					
POS. CANT.	DESCRIPCIÓN	NORMA	MATERIAL	OBSERVACIONES	
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ					
INGENIERÍA MECATRÓNICA					
MÉTODO DE PROYECCIÓN		DISEÑO DE UN SIST. MECATRÓNICO MÓVIL PARA FAJAS TRANSPORTADORAS		ESCALA 1:4	
20095623		Chiu Castro, Godofredo Esteban		FECHA: 2018.05.26	
				LÁMINA: AD	

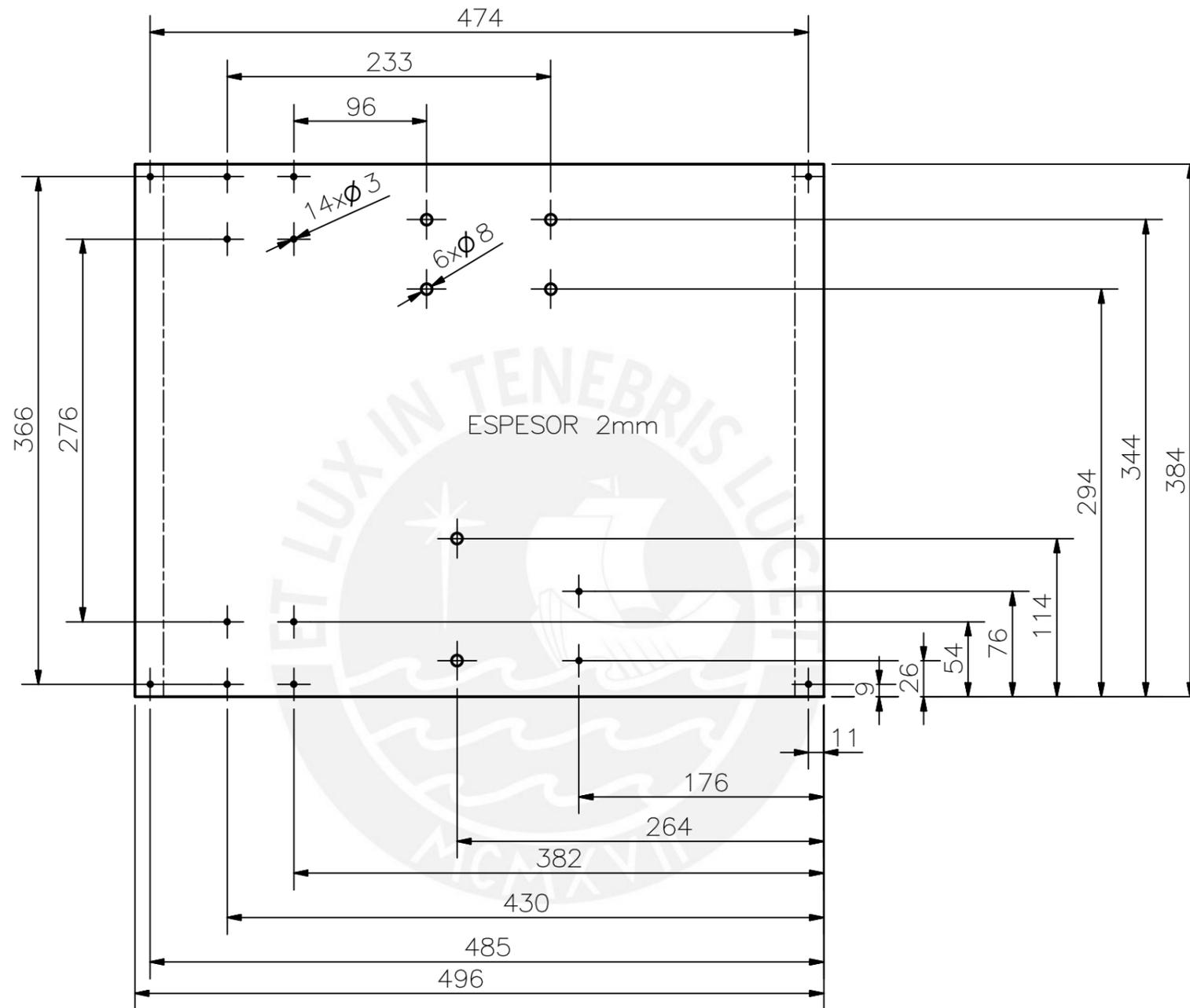
EST.	EST.	EST.
NOMINAL	MÁXIMA	MÍNIMA



TOLERANCIAS DIMENSIONALES  
SEGÚN DIN ISO 2768-1

GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
MEDIO	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2

ACABADO SUPERFICIAL N9	TOLERANCIA GENERAL DIN 7168 MEDIO	MATERIAL ALUMINIO 6061 T6
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA - INGENIERIA MECATRONICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	ESTRUCTURA	ESCALA 1:2
20095623	CHIU CASTRO GODOFREDO ESTEBAN	FECHA: 05.09.2018
		LÁMINA: A2

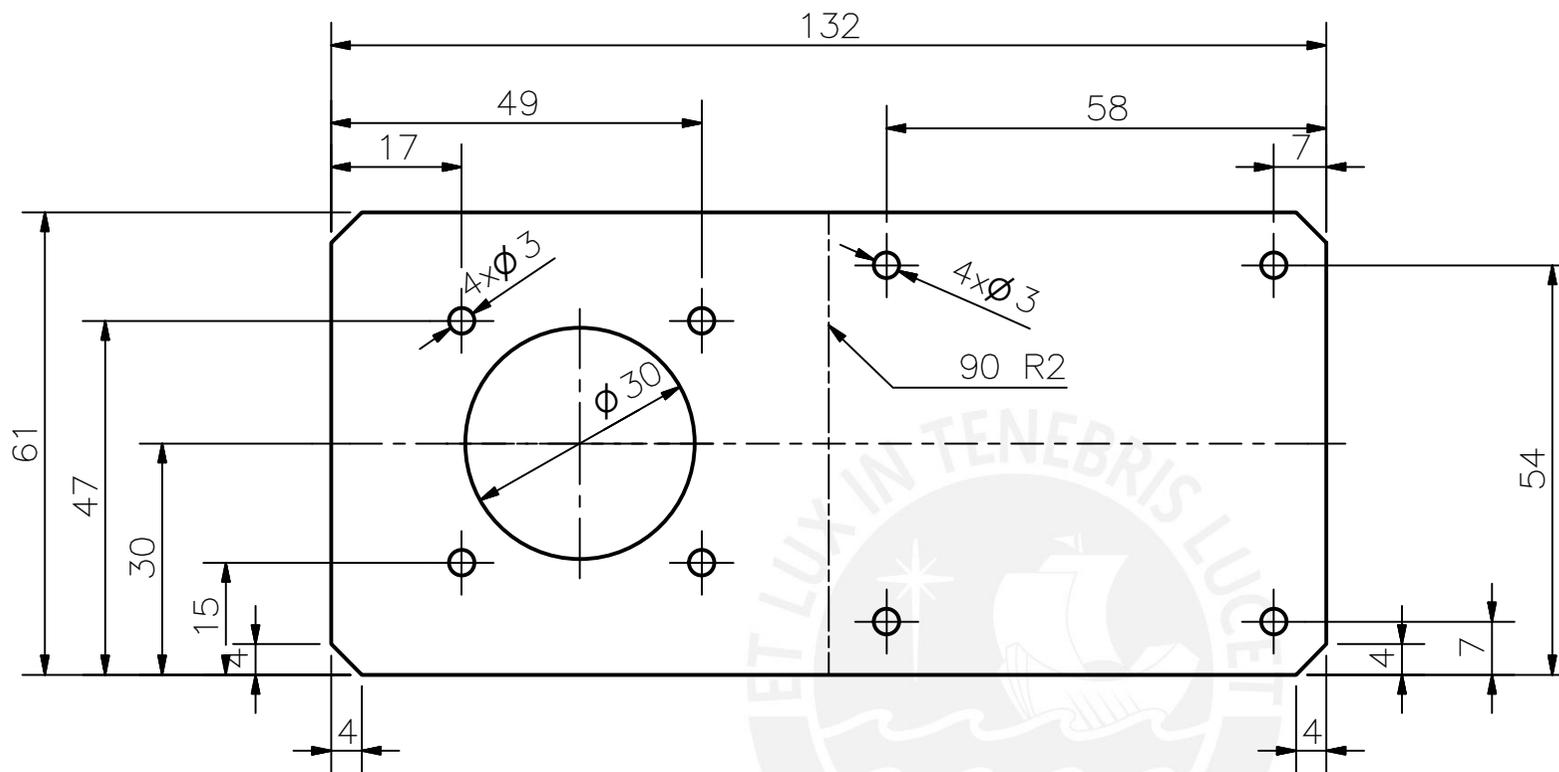


ESPESOR 2mm

ACABADO SUPERFICIAL N9	TOLERANCIA GENERAL DIN 7168 MEDIO	MATERIAL ALUMINIO 6061 T6
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA – ESPECECIALIDAD: ING. MECATRONICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIST. MECATRONICO MOVIL PARA MONITOREO DE COND. FAJAS TRANSPORTADORAS	ESCALA 1:4
20095623	CHIU CASTRO, GODOFREDO ESTEBAN	FECHA: 05.09.2018
		LÁMINA: A3

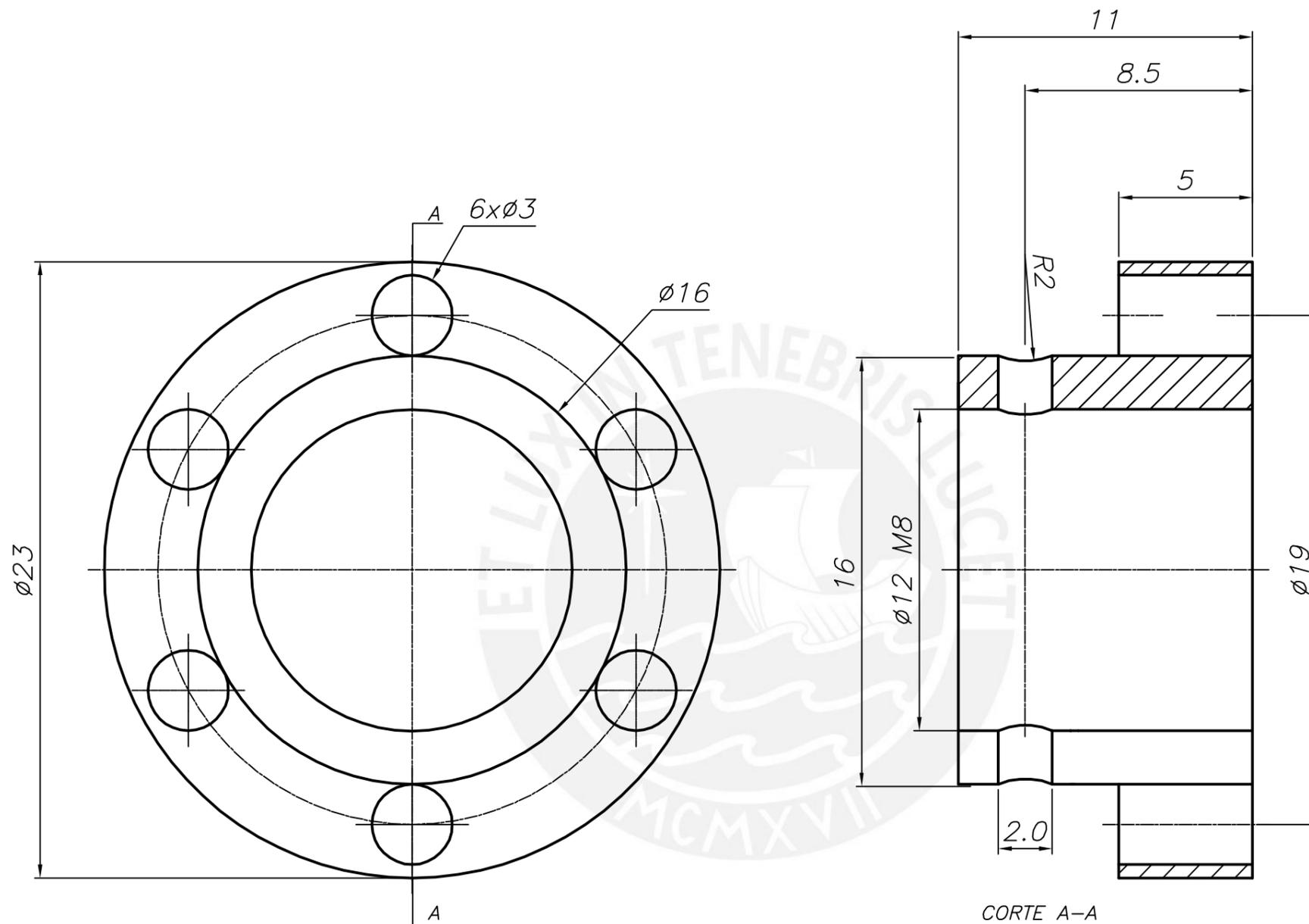
TOLERANCIAS DIMENSIONALES  
SEGÚN DIN ISO 2768-1

GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
MEDIO	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2



ACABADO SUPERFICIAL N9/	TOLERANCIA GENERAL DIN 7168 MEDIO	MATERIAL ACERO A36
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA – ESPECIALIDAD: ING. MECATRONICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIST. MECATRONICO MOVIL PARA MONITOREO DE COND. FAJAS TRANSPORTADORAS	ESCALA 1:1
20095623	CHIU CASTRO, GODOFREDO ESTEBAN	FECHA: 04.09.2018
		LÁMINA: A4

TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN ISO 2768-1							
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
MEDIO	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2



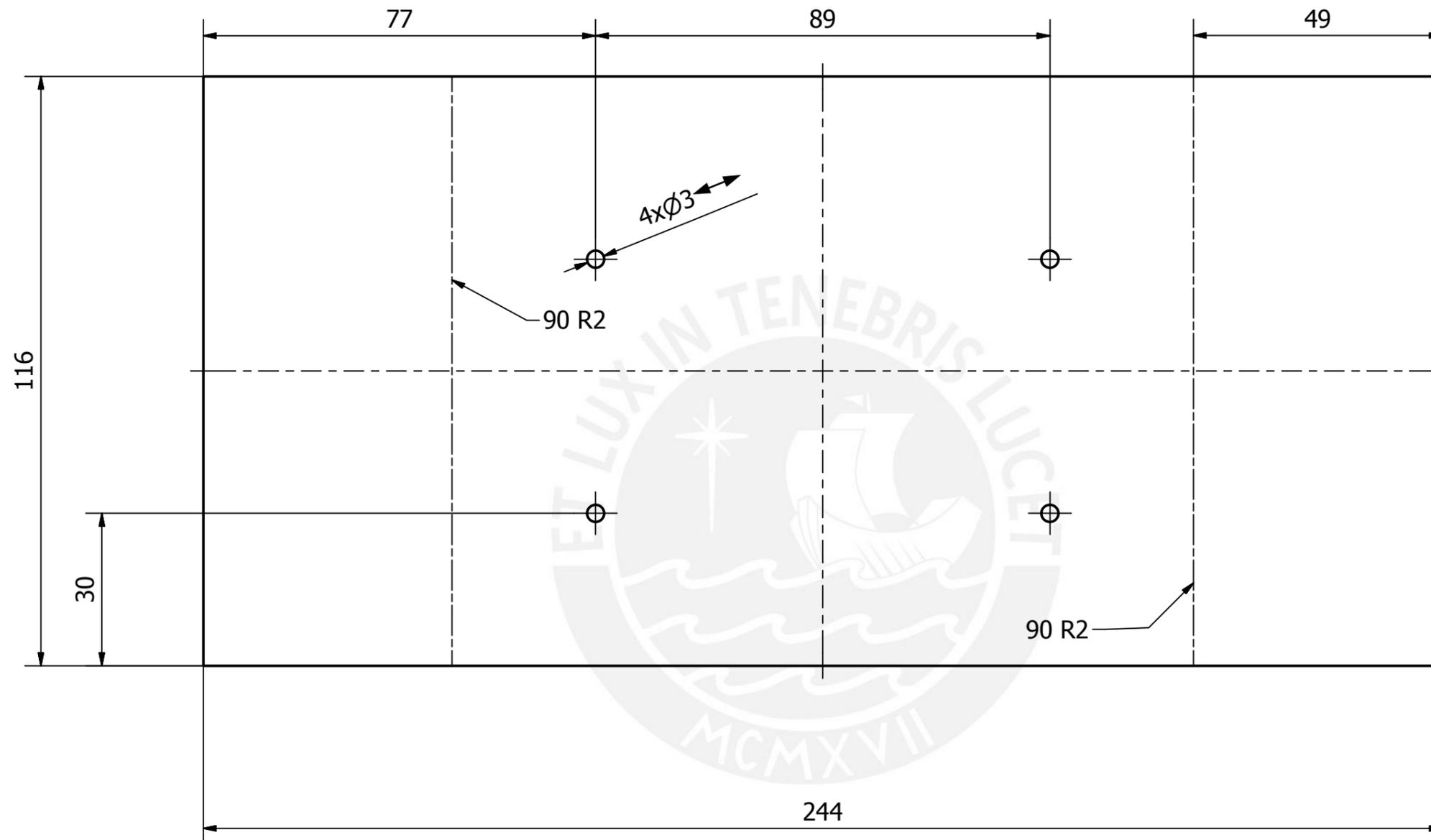
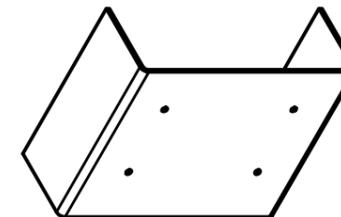
CORTE A-A

ACABADO SUPERFICIAL N9/ ▽	TOLERANCIA GENERAL DIN 7168 MEDIA	MATERIAL ALUMINIO 6061 T6
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA – ESPECIALIDAD: ING. MECATRONICA		
METODO DE PROYECCION ⊕    ▭	TRABAJO DE FIN DE CARRERA BOCINA LLANTA	ESCALA 5:1
20095623	CHIU CASTRO, GODOFREDO ESTEBAN,	FECHA: 31-11-17
		LAMINA: A3

TOLERANCIAS DIMENSIONALES  
SEGUN DIN 7168

GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400
MEDIO	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5

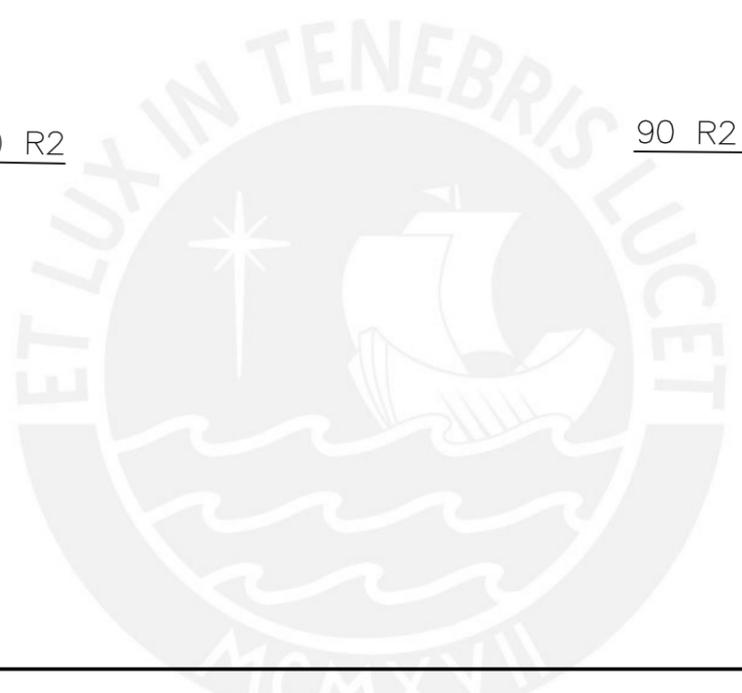
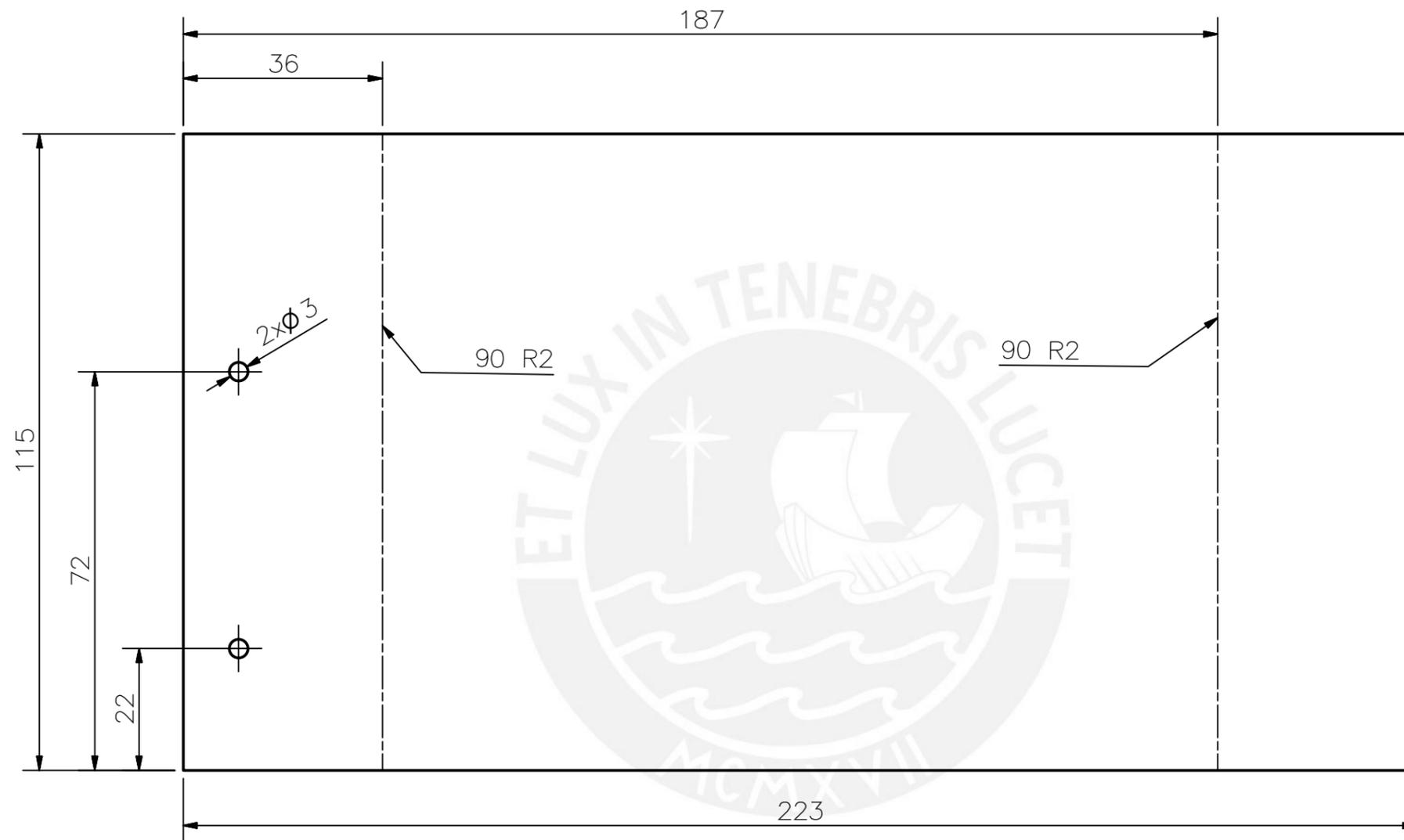
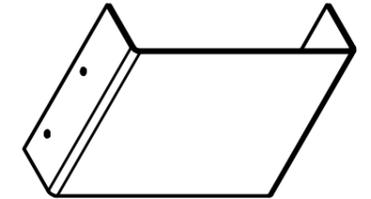
12.000	12.029	12.002
NOMINAL	MAXIMA	MINIMA



ACABADO SUPERFICIAL N9	TOLERANCIA GENERAL DIN 7168 MEDIO	MATERIAL ALUMINIO 6061 T6
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA – ING. MECATRONICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIST. MECATRONICO MOVIL PARA MONITOREO DE COND. FAJAS TRANSPORTADORAS	ESCALA 1:1
20095623	CHIU CASTRO, GODOFREDO ESTEBAN	FECHA: 04.09.2018
		LÁMINA: A3

TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN 7168					
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400
MEDIO	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
--------------	-------------	-------------



ACABADO SUPERFICIAL N9/	TOLERANCIA GENERAL DIN 7168 MEDIO	MATERIAL ALUMINIO 6061 T6
PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERIA – ING. MECATRONICA		
MÉTODO DE PROYECCIÓN 	DISEÑO DE UN SIST. MECATRONICO PARA MONITOREO DE COND. FAJAS TRANSPORTADORAS	ESCALA 1:1
20095623	CHIU CASTRO, GODOFREDO ESTEBAN	FECHA: 04.09.2018
		LÁMINA: A3

TOLERANCIAS DIMENSIONALES SEGÚN DIN ISO 2768-1							
GRADO DE EXACTITUD	Más de 0,5 hasta 3	Más de 3 hasta 6	Más de 6 hasta 30	Más de 30 hasta 120	Más de 120 hasta 400	Más de 400 hasta 1000	Más de 1000 hasta 2000
MEDIO	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2

COTA NOMINAL	COTA MÁXIMA	COTA MÍNIMA
--------------	-------------	-------------